JAHRGANG LVIII. 1908. HEFT IV BIS VI.

Der Neubau des Zivilgerichts in Halle a. d. S.

Vom Landbauinspektor Karl Illert in Halle a. d. S.

(Mit Abbildungen auf Blatt 1 bis 11 im Atlas.)

(Schluß.)

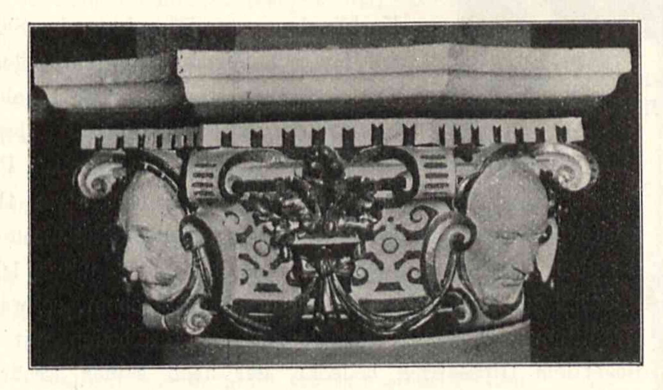


Abb. 14.

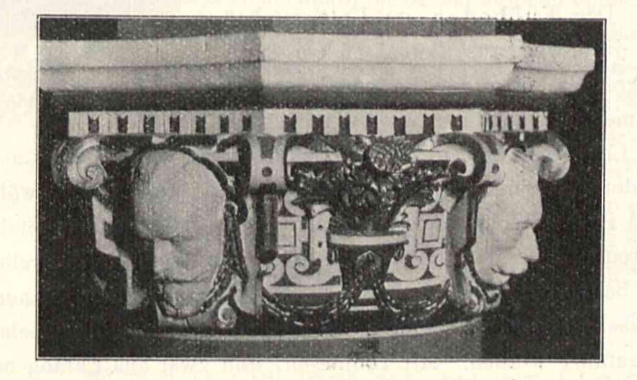


Abb. 15.

Abb. 14 u. 15. Säulenkapitelle im ersten Obergeschoß des Haupttreppenhauses vor dem Saal der I. Zivilkammer.

Die Decken über den Flurteilen, in denen für Gewölbe keine ausreichenden Widerlager vorhanden waren, sind zum Teil als scheitrechte Monierplatten zwischen Eisenträgern hergestellt worden; nur im dritten Obergeschoß unter dem Holzwerk der nach den Höfen heruntergezogenen Dächer mußte zu Rabitztonnengewölben gegriffen werden, um die Höhe der betreffenden Flurstrecken nicht zu sehr herabzudrücken. In den gewöhnlichen Geschäftszimmern sind Koenensche Voutendecken zur Verwendung gekommen. Diese sind da, wo nicht stärkere, vom Keller- bis zum Dachgeschoß durchgehende Wände die früher genannten Hauptbaukörper scheiden, zwischen eisernen Unterzügen gespannt. Letztere sind auf allen Fensterpfeilern angeordnet einerlei, ob auch jetzt eine Wand unter ihnen steht oder nicht, und so stark bemessen, daß sie außer der Decke noch eine 25 cm starke Wand aus porigen Steinen im nächsten Geschoß tragen können. Hierdurch ist die Möglichkeit gewahrt, erforderlichenfalls Scheidewände nach Belieben herauszunehmen oder neue einzufügen, wenn einmal eine anderweite Raumverteilung notwendig werden sollte. Um die Höhen der Unterzüge bei dieser Beanspruchung nicht zu groß werden zu lassen, wurden je zwei I-Träger nebeneinander verlegt, verbolzt und mit Beton ausgestampft. Über den vier Sitzungssälen kamen Kleinesche Massivdecken zur Ausführung. Unter diesen wurden im ersten Obergeschoß leichte Balken zwischen die Hauptträger gestreckt, an deren Unterfläche über alles hinweg eine Blindschalung angenagelt werden konnte. Mit Hilfe dieser Schalung ist dann in jedem der beiden Säle eine andersartige, sichtbare Holzdecke hergestellt worden. In dem Saal der Kammer für Handelssachen (Abb. 1 Bl. 9) ist eine rautenförmige Felderteilung mit ringsumlaufendem Fries aus geviertförmigen Feldern dadurch bewirkt worden, daß die teilenden Stege aus dreifach übereinander genagelten, beiderseits mit Kehlstößen versehenen, kiefernen Leisten zusammengefügt wurden. Die Felder sind mit Pappelholztafeln verkleidet worden. In dem Saal der ersten Zivilkammer (Abb. 2 Bl. 9) ist eine mehr kastenartige Ausbildung der teilenden Stege zur Anwendung gekommen. Drei große Gevierte, aus denen sich dann mit stärkerer Gliederung je ein Achtecksfeld heraushebt, beherrschen die Teilung. Die drei Achtecksfelder sind mit Füllungen in großzügigem, sogen. Tiroler Flachschnittmuster ausgestattet. Die beiden oberen Säle haben angetragene Stuckdecken erhalten. Um dabei das Durchschlagen der Fugen der Kleineschen Decken zu verhindern, sind unter den letzteren zunächst Drahtputzdecken untergespannt, und auf diese sind die in beiden Sälen wieder verschiedenen Muster und Verzierungen in Stuck angetragen worden. Alle eisernen Träger sind ummantelt. Der nördlich vom Treppenhause gelegene Hof ist mit einer Glasdecke auf eisernem Dachgerüst versehen und hierdurch zu einer Halle für Versteigerungen von Pfandgegenständen umgewandelt worden.



Abb. 16. Wegweiserumrahmung im Erdgeschoß.

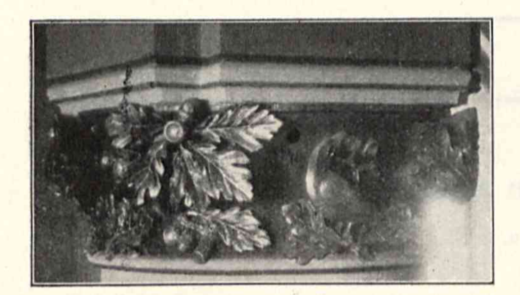


Abb. 17. Säulenkapitell im Erdgeschoß.

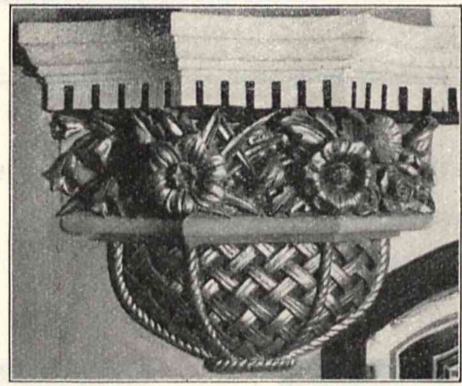


Abb. 19. Kragstein unter Gewölbeanfänger im ersten Obergeschoß.

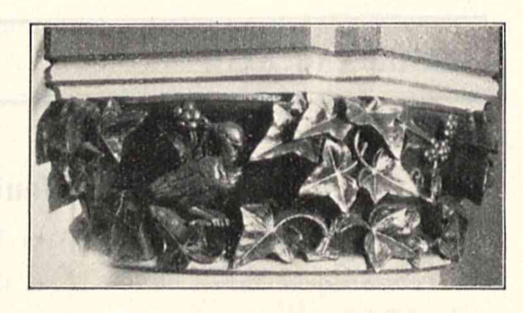


Abb. 18. Säulenkapitell im Erdgeschoß.

Der Fußboden im Untergeschoß ist durchweg aus Beton 15 cm stark hergestellt, über den in dem Geschäftszimmer der Pfandkammer Asphaltestrich mit Linoleumbelag, in den Heizräumen, den Lagerräumen und in der Versteigerungshalle Zementestrich gezogen ist, während in den Wohnräumen sogen. deutscher Buchenholz-Stabfußboden nach dem Patent von Hetzer in Weimar (Zentralbl. der Bauverw. Jahrg. 1906 S. 50) verlegt ist. In den Küchen, Speisekammern und Fluren der Wohnungen ist Fliesenbelag ausgeführt worden. Mit Tonfliesen, und zwar aus Ehrang bei Trier, sind auch die Fußböden sämtlicher Eingangsflure und der Mittelhalle nach verschiedenen Teppichmustern, meist in den Farben Rot, Schwarz und Silbergrau belegt worden. Ferner haben einen hellen Fliesenbelag die Schatzkammer der Gerichtskasse und alle Aborte erhalten. In letzteren, sowie an verschiedenen Wasserzapfstellen auf den Fluren, ist auch bis zu angemessener Höhe eine Wandbekleidung aus hellen Fliesen angebracht worden. Alle übrigen Flure und Geschäftsräume mit Einschluß der Sitzungssäle haben Linoleumbelag auf Estrich aus Walkenrieder Gips erhalten, der auf Sand über einer porigen Schlackenbetonunterlage ausgeführt worden ist. Diejenigen Räume, die über nicht geheizten Kellerräumen liegen, haben zu größerer Wärmesicherheit noch eine Zwischenlage aus 4 cm starken Korkplatten erhalten. Dasselbe Mittel hat auch über dem Tonnengewölbe des Kesselhauses Anwendung gefunden, um von dem darüberliegenden Kassenraum eine allzugroße Wärme abzuhalten. Den erhöhten Plätzen der Richter in den Sitzungssälen und einigen anderen Räumen ist ein Belag aus 7 mm starkem Korklinoleum zur Dämpfung des Schalls auf dem hochliegenden Holzfußboden der Tritte gegeben worden. Der Linoleumbelag in den überwiegend 2,80 m breiten Fluren setzt sich aus einem mittleren Läufer von 2 m Breite in dunkelgrünem Granitmuster und seitlichen, etwa 40 cm breiten, einfarbigen Friesstreifen in Pompejanisch-Rot zusammen. An den Wänden schiebt sich das Linoleum unter 10 cm hohe, 2 cm starke Wandsockel aus westfälischem, schwarzen Granitmarmor. Im Dachboden ist der Fußboden mit freiliegendem Gipsestrich bedeckt, der nach seiner Erhärtung mit heißem Leinölfirnis getränkt wurde.

Alle Außenstufen, sowie die Stufen der Untergeschoßtreppen, die breiteren Stufen, die von der Eingangs- und Mittelhalle aus auf die Fußbodenhöhe des Erdgeschosses führen, die im ersten Obergeschoß den Platz vor dem Saal der ersten Zivilkammer mit dem Fußboden der anschließenden Flure verbinden, und die Stufen vor den Sälen im zweiten Obergeschoß bestehen aus heimischem Porphyr, der bei Löbejün in der Nähe des Petersberges bei Halle a. d. S. gebrochen wird und sehr dichtes Gefüge hat. Die Nebentreppen an den Enden der beiden Seitenflügel sind in ihrem ersten Lauf aus Stufen von Droyßiger hartem Sandstein, in ihren oberen Läufen aus Kunststeinstufen mit Linoleumbelag und Kantenschutzschienen auf ummantelten Eisenträgern hergestellt.

Die Haupttreppe in der Mittelhalle ist doppelt. In jedem Geschoß tritt ein $2\,^1/_2$ m breiter Lauf vorn auf der Südseite und ein ebensolcher hinten auf der Nordseite an. Jeder erreicht, auf derselben Seite von der Hauptachse bleibend, in halber Kreiswindung, in die je zwei Absätze eingeschaltet sind,



Abb. 20. Flurseite.

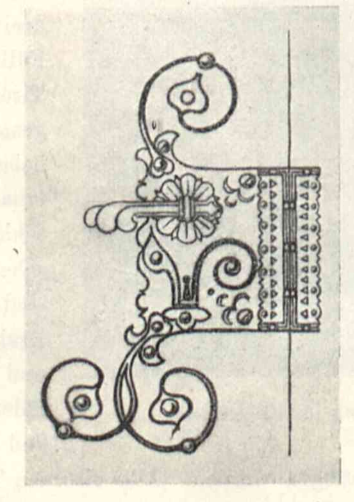


Abb. 21. Innenseite.

Schloß mit Schließblech von der Eingangstür zum Handelskammersaal im ersten Obergeschoß.

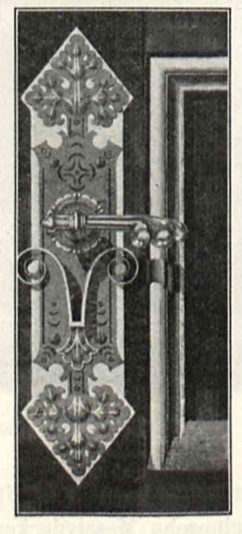


Abb. 22.

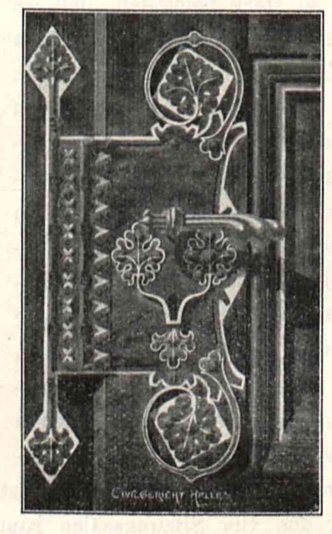


Abb. 23.

Schlösser und Schließbleche von Türen der Geschäftszimmer.

das nächste Geschoß, und zwar auf einem in der Hauptachse hinten bezw. vorn angeordneten je etwa 4,60 m im Mittel messenden, altanartigen Austrittsabsatz (vgl. Bl. 5, 6 u. 7). In Höhe des Fußbodens vom dritten Obergeschoß endigen beide Treppen auf diesen Austritten. Die Läufe und Absätze jeder der beiden Treppen sind mittels eines zusammenhängenden Eisengerippes aufgebaut. Starke, gebogene I-Eisen bilden den Kern der Wangen. Die äußeren Wangen finden an der Sandstein-Stützenstellung, die das Gewölbe der Mittelhalle trägt, ihr Auflager. Für die inneren Wangen sind vier weitere, innere Sandsteinsäulen aufgerichtet, die von den Wangenträgern durchdrungen werden und eine dementsprechende Ausbildung erhalten haben. Zwischen die Wangenträger genietete, schwächere I-Eisen steifen diese aus, und Rundeisenstäbe verbinden sie. Auf einer Schalung ist dann zunächst eine schiefe bezw. schraubenförmige Ebene aus Beton zwischen diesem Gerippe hergestellt. Die Wangen- und Querträger sind ummantelt, und schließlich die einzelnen Stufen auf der schraubenförmig ansteigenden Ebene gestampft. Jede Stufe ist mit einer breiten Schutzschiene aus Duranametall an der Vorderkante besetzt, die zugleich den Linoleumbelag und die Linoleumbekleidung der Stirnflächen schützt. Die Geländer sind in Schmiedeeisen ausgeführt und haben Gelegenheit geboten zur Entfaltung anmutigen und mannigfaltigen, reich mit Blättern, Blüten und Früchten besetzten Rankenwerks zwischen ihren Stäben in geschickter, leichtgehaltener Kunstschmiedearbeit (vgl. Bl. 8). Es wechseln geschmiedetes Eichenlaub mit Efeu, Hopfen, Ahorn, Malve und Gingobaumblättern. Auch dies Geländer hat dann noch eine liebevolle Behandlung durch Bemalung und teilweise Vergoldung erfahren. Wie die gesamte Architektur der Mittelhalle mit Ausnahme der Läufe der Eisenbetontreppe aus Haustein, und zwar aus weißem Mainsandstein von Ebelsbach besteht, so sind auch die Umrahmungen aller Türen und der Durchgangsöffnungen zu den Warteräumen im Erdgeschoß und in den drei Obergeschossen (Text-Abb. 8 S. 13) aus Sandstein. Diese Türgestelle sind in allen vier Geschossen verschieden ausgebildet. In den beiden obersten Stockwerken, wo der Verkehr geringer ist, haben sie in sparsamer Weise an den Gewänden zwischen einem unteren Sockel- und einem oberen Übergangsstück aus Sandstein einen Teil in stark abgerundeter und geputzter Ziegelmauerung erhalten (vgl. Bl. 6). In ähnlicher Weise sind auch die Flurecken behandelt, nur daß dort die Abrundung noch stärker ist. Die steinernen Türgestelle des ersten Obergeschosses haben die reichste Ausbildung erfahren. Ihre sehr hohen Sturze sind mit einem kräftigen Blendenmaßwerk, dessen Strang sich aus der Gewändegliederung entwickelt, geziert und tragen außerdem kartuschenartige Nummertäfelchen, die nach mehreren, verschiedenen Modellen gemeißelt sind. Eine Steigerung hat noch innen wie außen das Steinwerk der Eingänge von den Flurecken in die Turmzimmer erfahren, wozu die Schwierigkeit der Lösung der Gewölbanfänger über den Öffnungen Veranlassung gegeben hat. Mit besonderer Liebe und Sorgfalt sind dann aber die von der Mittelhalle aus sichtbaren Haupteingangstüren zu den vier Sitzungssälen und selbst die in der Hauptachse liegenden Eingangstüren zu den Aktenböden im dritten Obergeschoß entworfen. Eine jede der sechs Türen hat — wie Bl. 7 und die Abb. 1 bis 4 Bl. 11 erkennen lassen — ihre eigene, von den anderen abweichende Behandlung erfahren. Die Steinumrahmung der Aktenbodentüren ist naturgemäß einfacher gehalten. Die kleinen Holztreppchen, die zu ihnen führen, sind mit nett ausgebildeten Holzgeländern (Bl. 6) und lustigem Farbenanstrich versehen. Letzterer wird hier hervorgehoben, weil bei der Bemalung der Seitenverschalung ein äußerst dankbares Verfahren, um mit einfachen Mitteln eine wirkungsvolle Verzierung herzustellen, angewendet ist. Die Flächen haben nämlich über einem weißen Grund einen roten Deckanstrich erhalten. Dann ist aus dem letzteren, während er noch frisch war, mit dem Pinselstiel und Lappen freihändig ein leichtes Rankenwerk mit kleinen einfachen Blättchen herausgewischt worden. Selbstredend erfordert eine solche Art einige Übung, sicheres Auge und geschickte Hand. Reicher im Steinwerk sind dann die Saaltüren im zweiten Obergeschoß, aber noch mit sparsamer Bildhauerarbeit ausgebildet, während die Tür zum Saal der Kammer für Handelssachen (Abb. 4 Bl. 11) und noch mehr die des ersten Zivilkammersaals (Bl. 10b und Abb. 3 Bl. 11) zu kleinen Prachtstücken unter umfassender Aufwendung von Bildhauerarbeit, Malerei und Vergoldung entwickelt sind. Der bildnerische Schmuck hat zum Teil wiederum leicht verständliche sinnbildliche Bedeutung. Zugleich möge hier auf die reiche Kunstschmiedearbeit der die Türflügel bedeckenden Beschläge hingewiesen sein (Text-Abb. 20 bis 23). Auch die Wirkung dieses Eisenwerks ist durch buntfarbige Bemalung und Vergoldung noch weiter gehoben worden. Um den Beschlägen einen glatten und klaren Hintergrund zu geben und um etwaige unliebsame Zufälligkeiten, wie aufgegangene Fugen, Risse und dergl., die an der äußeren Verschalung der als verdoppelte Türen hergestellten Flügel auftreten könnten, nicht sichtbar werden zu lassen, sind die Außenseiten der Saaltüren in Erinnerung an mittelalterliches Verfahren mit Leinwand bespannt worden. Zuerst war hierzu gespachtelte Malleinwand, die nicht aufgeklebt, sondern nur mittels des eisernen Randbesatzes gespannt war, gewählt worden. Durch das Eintrocknen des Holzes zufolge der Einwirkung der Heizung hatte der Überzug aber Falten geworfen. Es ist deshalb ein anderweiter Versuch mit einem noch heute bei den Wagenbauern in Übung befindlichen Verfahren, das dem mittelalterlichen auch wohl näher kommt, gemacht worden. Hierbei wird sogenannte „Behäutleinwand“, die ein leichtes, durchsichtiges Gewebe hat, fest auf das zu schützende Holz

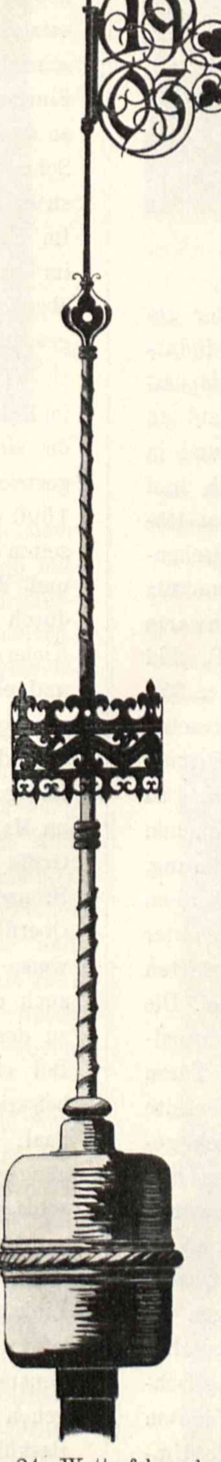


Abb. 24. Wetterfahne des nördlichen Eckturmes.

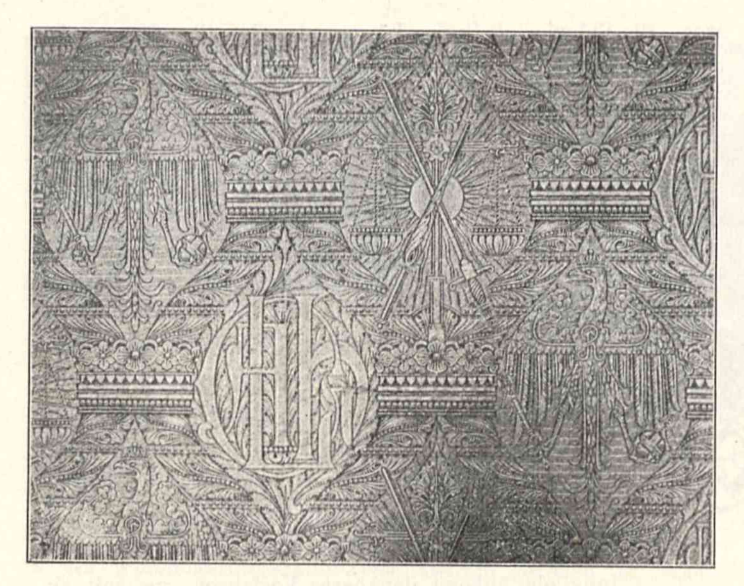


Abb. 25. Tapetenmuster in den Geschäftsräumen.

aufgeklebt und danach gespachtelt. Die im Mittelalter gebräuchliche Art, die aufgeleimte Leinwand mit einem Bolusgrund zu versehen, der dann abgeschliffen und mit Temperafarben bemalt wurde, konnte aus Mangel an Zeit und an geeigneten Leuten nicht erprobt werden. Aufgelegte und in verschiedenen Abstufungen mehr oder weniger reich und zierlich ausgearbeitete, schmiedeeiserne Beschläge nebst lebhafter Farbe weisen außerdem sämtliche Flur- und Zwischentüren auf. Überall ist dabei der bereits erwähnte Grundsatz befolgt, zwei bunte Farben durch feine, weiße oder schwarze Linien zu trennen und zu heben. Die Beschläge z. B. sind teilweise mit solchen Linien umrissen (Text-Abb. 22 u. 23), oder sie sind auf weiße schilderartige Hintergründe gesetzt, deren Umrisse in vereinfachten und dichtanliegenden Formen diejenigen des betreffenden Beschlagteils begleiten, ohne zu breit zu werden. Zu der Buckelung und den eingehauenen Verzierungen der Beschläge tritt dann noch feine Aderung, zumeist in Weiß hinzu, um diese Teile zu beleben; außerdem trägt noch der goldige Glanz der Bronzegriffe und der unter den durchbrochenen Besatz der Schlüsselschilder untergelegten Messingbleche zur weiteren Bereicherung der Wirkung bei. Die Schlösser sind, nebenbei bemerkt, auf einer verzierten Grundplatte aufgenietet und einseitig in das Rahmholz der Türen eingelassen. Bei den Flurtüren ist überall die Innenseite verschieden von derjenigen der Außenseite im Anstrich gehalten, außerdem wechseln die Farben noch in den verschiedenen Geschossen. Im allgemeinen zeigen die Flurwände über der schwarzen Marmorfußleiste einen unteren, etwa 45 cm breiten Sockel, der von derselben Farbe ist wie die Quaderung der abgerundeten Flurecken, sowie die Umrahmungen der Türen und Heiznischen (Text-Abb. 28), und zwar im Erdgeschoß gebrochen grün, im ersten und zweiten Obergeschoß englischrot, im dritten Obergeschoß grau. Gegen den Wandton schneiden weiße von schwarzer Begleitlinie eingefaßte Umrisse diese Farbstreifen ab, und weiße Fugenlinien zerteilen ihre Flächen. Die Wände sind im Erdgeschoss und in den beiden nächsten Stockwerken mit klarem, gelben Ocker, im dritten Stock mit einem leichten, grünlichen Ton gestrichen. Die bisher genannte Färbung der Wände ist in Mineralfarben, die einem Abwaschen der Wände standhalten, ausgeführt. Die Decken sind überall weiß in Leimfarbe gestrichen. Von den weißen Kappenflächen sind die Gurtbogen durch Grün in den unteren, Grau in dem obersten Geschoß mit gelben, weiß umrissenen Kehlen abgehoben. Dünne, gelbe Linien begleiten außerdem die Grate und Schildbogen der Kreuzgewölbe. In den grünen Steinumrahmungen des Erd- und den grauen des dritten Obergeschosses stehen die Türflügel rot mit weißer und schwarzer Absetzung am Holzwerk und mit schwarzen, weiß aufgeputzten Beschlägen. Von den roten Umrahmungen des ersten und zweiten Obergeschosses heben sich die Türflügel grün mit weiß und schwarz abgesetzten Gliedern der Kehlstöße ab und tragen rotes, vorbeschriebener Weise belebtes Eisenwerk. Die Innenseiten der Flurtüren entsprechen dem übrigen Anstrich des Holzwerks an den Zwischentüren, Fenstern, Wandsockeln, Heizrohrkästen, Schranken usw. in den betreffenden Räumen. Dieser Anstrich wechselt auch wieder in den einzelnen Geschossen. Im Erdgeschoß ist er grün mit roten Beschlägen auf Weiß, im ersten und zweiten Obergeschoß blau mit grünen, weiß abgehobenen und belebten Beschlägen und im dritten Obergeschoß grau mit Schwarz und Weiß aufgeputzt.

Den Türen entsprechend sind auch die Fenster außer im Keller und dritten Obergeschoß mit aufgelegten Beschlägen, die sich farbig und mittels Weiß von dem ebenfalls farbig gestrichenen Holz absetzen, behandelt. Es waren annähernd 1600 qm in über 600 Stück Fensteröffnungen an den Außenseiten der Gebäudegeschosse zu verschließen. In allen Dienst- und Wohnräumen ist dies durch Doppelfenster, im übrigen durch einfache Fenster geschehen. Alle Flügel sind aus Kiefernholz, wobei aber die äußeren eichene Wasserschenkel und ebensolche Sprossen besitzen. Die in den drei Hauptgeschossen verwendeten, aufgelegten Beschläge sind sämtlich besonders entworfen und bis auf die sichtbar gelassenen Endigungen der Bankeisen herab, mit denen die Blindrahmen im Mauerwerk befestigt sind, in Zierformen ausgebildet. Die Griffe bestehen ebenso wie die Türklinken aus polierter Bronze. Zur Lüftung der Zimmer ist in jedem Fenster ein Oberflügel mit Kippvorrichtung in der Demitzschen Verschlußweise (Gestänge mit Kniehebel) versehen. Natürlich sind auch die aufgelegten Gelenkbänder, Gestängeführungen usw. zu den übrigen Beschlagteilen passend angefertigt worden. Bei einzelnen Doppelfenstern, die in knappen Steinfalzen befestigt werden mußten, wie in den Erkern und in einem Saal, war die übliche Art der Kastenausbildung nicht angängig. Die Flügel mußten vielmehr dicht aufeinanderschlagend gekuppelt und an einen Blindrahmen gehängt werden. Die inneren Flügel hängen dann an den äußeren, gehen aber mit letzteren zugleich auf, indem ihr Baskül mit Linksgang an dem gemeinsamen Dorn des äußeren Basküls sitzt. Durch die gewöhnliche Drehung zum Öffnen des Fensters wird die Kupplung geschlossen, und beide Flügel gehen zusammen auf. Beim Reinigen wird der gemeinsame Baskülgriff des geöffneten Doppelflügels zurückgedreht, wodurch dann das Auseinanderklappen der gekuppelten Flügel ermöglicht wird.

Alle mit Maßwerk ausgestatteten Fenster, wie die der Erker, der Säle, der Turmzimmer und die nach dem Flur gehenden Fensteröffnungen der Kassenräume und die Steineinstellungen der Botengelasse haben Bleiverglasungen in Antikglas und in hellen Tönen erhalten. In den Saal- und



Abb. 26. Fenstergruppe im Saal der II. Zivilkammer. II. Obergeschoß, Mittelbau der Hauptfront.

Treppenhausfenstern treten auch Glasmalereien in bescheidenem Maße auf. Sie sind vorherrschend in Gelb und Weiß mit Schwarzlot gemalt und beschränken sich zumeist auf Zierformen aus Rankenzügen mit natürlichem oder stilisiertem Pflanzenwerk. Nur hier und da sind einzelne farbigere Flecke und sinnbildliche Gegenstände eingestreut.

Zum Schutz gegen die Sonne haben die Fenster auf, der Ost- und Südseite Holzrolläden mit geschlitzten Stäbchen, die außerdem noch etwas auseinandergezogen werden können um den Lichteinfall zu vergrößern. Auf der Westseite sind die am großen Hofe belegenen Fenster der Geschäftszimmer mit Stabvorhängen ausgerüstet. Die Fenster und verglasten Fluröffnungen, sowie die Flurtüren der Kassenräume und die Fenster der Grundbucharchive sind mit Stahlwellblechrolläden gesichert. Alle Roll- und Zugläden verschwinden im aufgezogenen Zustande vollständig hinter den Sturzen oder Fensterbogen.

Die Wände aller Wohn- und Geschäftsräume mit Ausnahme der Säle sind mit Tapeten beklebt. Für die Geschäftsräume ist ein besonderes Tapetenmuster entworfen worden. Wie aus der Text-Abb. 30 ersichtlich, hat dies durch breitere, an den Knotenpunkten mit Kronen gefaßte Laubgewinde eine Teilung nach Art der Granatapfelmuster. Als Füllungen dieses Musters vertreten die Stelle der Granatäpfel abwechselnd die Buchstabenverschlingung L. A. G. H. (Land-, Amts-Gericht Halle), Schwert und Szepter mit Schwurhand vor einer Wage, für die eine strahlende Sonne den Hintergrund bildet, und der heraldische Adler des preußischen Wappens (Text-Abb. 25). Dies Muster ist auf drei verschiedenen Papiersorten, nämlich auf grauem für die gewöhnlichen Geschäftszimmer, auf blauem für die Richter-, Assessoren- und dergl. Zimmer, auf goldig-gelbem für die Vorstandsbeamten- und die Beratungszimmer hergestellt und hat außerdem für die bevorzugten Räume noch durch aufgesetzte Lichter eine Belebung erfahren. Die Lichter mußten mit Handpressen in vier Teilen auf die einmalige Wiederkehr des ganzen Musters, den „Rapport", aufgedruckt werden und konnten deshalb aus Sparsamkeitsgründen und wegen der längeren Zeit, die das Lichteraufdrucken erforderte, nicht für den gesamten Bedarf zur Ausführung kommen.

Die Wände der vier Sitzungssäle und des im südlichen Eckturm im ersten Stock angeordneten Empfangszimmers des Präsidenten (Text-Abb. 27) sind in ihrem unteren Teile bis über Manneshöhe mit Holztäfelung verkleidet. Diese ist im Zusammenhang mit der Holzumrahmung und den Innenseiten der Türen in den genannten Räumen ausgestaltet, aber in jedem Raum anders. Besonders reich sind die Füllungen dieser Verkleidung im Saal der ersten Zivilkammer mittels Flachschnitzerei geschmückt, wobei sich keine einzige Verzierung wiederholt (Abb. 2 Bl. 9). Auch die Flachschnittmuster auf den die größere Teilung bewirkenden, senkrechten Rahmstücken wechseln in verschiedenen Vorwürfen ab. Die Füllungen der Täfelung und Türen im Saal der Kammer für Handelssachen (Abb. 1 Bl. 9) sind durch geschnitztes Maßwerk in wechselnden Formen ausgezeichnet. Das Maßwerk ist auf billige Weise dadurch hergestellt, daß die Füllbretter aus zwei „Dicken" verleimt sind und das Muster aus der oberen Dickte vor dem Verleimen ausgesägt und mit der geschnitzten Kehlung versehen ist. Die Täfelungen der beiden oberen Säle sind einfacher gehalten. Die von den Holzverkleidungen der Täfelungen und Türen freigelassenen, oberen Wandteile sind mit Leimfarbe auf dem glatten Wandputz gestrichen und gemustert. Im Muster des ersten Zivilkammersaals kehrt die Königskrone und die Buchstabenverschlingung L. G. H. (Land-Gericht Halle) wieder.

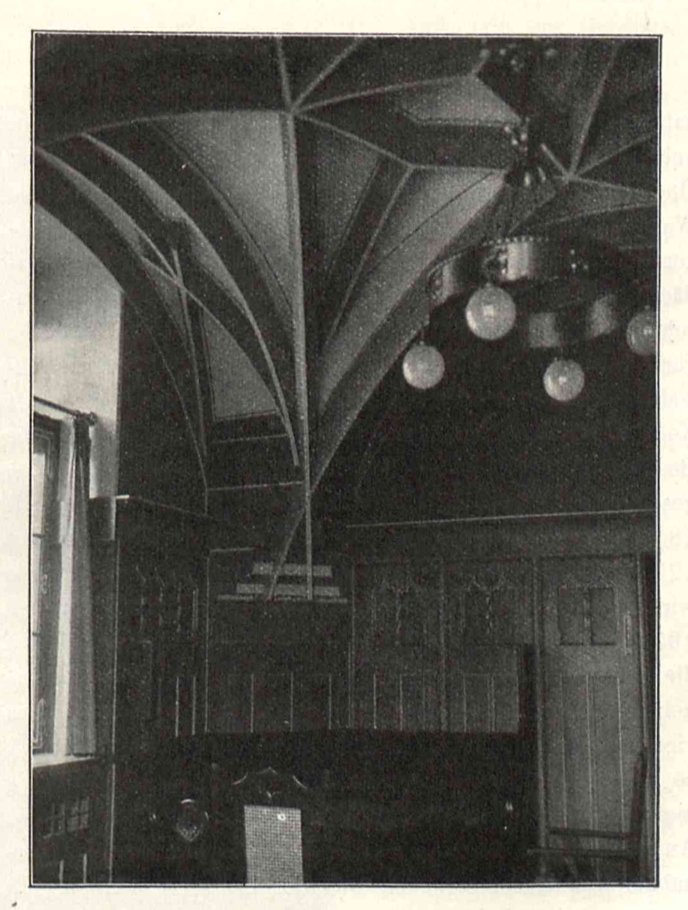


Abb. 27. Ecke im Empfangszimmer des Präsidenten. Südturm, I. Obergeschoß.

Die Farbenstimmung wird in diesem Saal durch das lebhafte, mit Weiß und Grün aufgeputzte Blau des Holzwerks beherrscht. Der Wandstreifen darüber ist gelb mit rotem Muster. An den Türen tritt etwas Vergoldung hinzu. Im Saal der Kammer für Handelssachen ist das Holz in seinen großen Flächen silbergrau gestrichen und mit Weiß, Gelb und etwas Rot abgesetzt. Das geschnitzte Laub an den Türverdachungen ist vergoldet. Das Muster der Wandfläche darüber steht hell silbergrau auf stumpfrotem Grund, der leicht und stoffartig abgetönt aufgestrichen ist. Das Holzwerk im Zivilkammersaal des zweiten Obergeschosses hat einen feurigroten Anstrich erhalten, das Absetzen darauf an Gliederungen, Flachschnittverzierungen und Beschlägen ist in Silbergrau, Weiß, Schwarz und etwas Gold erfolgt. Die Musterung der oberen Wandteile ist in grauen Tönen gehalten. Dieser Saal weist an der Fensterwand noch einen besonderen Schmuck auf in Gestalt von vier inneren Sandsteinsäulen, die auf der Brüstung stehen und durch Vermittlung von Kragsteinen die Abschlußbogen der Fensternische tragen (Text-Abb. 26). Alle vier Säulen sind in spätgotischen Durchdringungsformen, teilweise mit gedrehten Auskehlungen und dergl., aber jede in anderer Weise, gegliedert. Die Wirkung der Steinmetzarbeit ist durch Färbung, die zur Gesamtausmalung des Saales gestimmt ist, kräftig gehoben. Der vierte Saal endlich zeigt grünen Anstrich des Holzes mit grünlich-weißen und gelblichen Absetzungen an Gliederungen und Verzierungen und bescheidene Vergoldung an der Schnitzerei der Türumrahmung. Die Wand darüber hat helles Muster auf dunklerem Grunde in grauen, mittels gelblicher Streifung gestimmten und stofflich gemachten Tönen. Die Stuckdecken in den beiden zuletzt beschriebenen Sälen sind einfach weiß gestrichen.

Heizanlage.

Das Gebäude hat eine zweifache Sammelheizanlage erhalten. Die Mittelhalle, die Flure, die Nebentreppenhäuser und die Säle werden durch eine Niederdruckdampfheizung, alle übrigen Diensträume sowie die Wohnungen durch eine Warmwasserheizung beheizt. Für die erstere sind zwei liegende, schmiedeeiserne Kessel von zusammen 56 qm Heizfläche, für die letztere drei liegende, schmiedeeiserne Flammrohrkessel von zusammen 129 qm feuerberührter Heizfläche vorhanden. Ihr Gesamtgewicht beträgt 13520 kg. Der Fußboden des Kesselraums liegt um 2 m gegen den übrigen des Kellers und des Kohlenraums tiefer (vgl. Bl. 6), so daß die Beschickung der eingemauerten Kessel bequem von oben geschehen kann. Die geforderte Wärme für die Säle ist mit 18° C., für die Diensträume mit 20° und für die Flure mit 12° bemessen bis zu einer Außenwärme von —20°; sie wird abgegeben von gußeisernen Radiatoren mit zusammen 1654 qm Heizfläche. Hiervon entfallen 334 qm auf die an die Dampfheizung, 1320 qm auf die an die Warmwasserheizung angeschlossenen Körper. Die Gesamtanlage ist in vier nach den Hauptwindrichtungen verteilte Gruppen zerlegt, so daß je nach dem herrschenden Winde die eine Gruppe mehr, die anderen weniger angespannt werden können. Außerdem kann die eine durch die andere für etwaige Vornahme von Ausbesserungen und dergl. ersetzt werden. In starken Steigerohren werden der Dampf und das warme Wasser geradlinig senkrecht vom Kesselhaus nach dem Dachboden geführt. Dort sind die Verteilungsleitungen an dem Dachgerüst aufgehängt angeordnet und den einzelnen Punkten, von denen die Fallstränge nach den Heizkörpern abwärts gehen, zugeführt. Die letzteren sind fast überall ohne Verkleidung aufgestellt, und zwar in den Diensträumen in den Fensternischen, auf den Fluren in besonders vorgesehenen Nischen der Mittelwand. Über diesen sind Schutzdächer aus Eisenblech (Text-Abb. 28) angebracht, deren hintere Ränder fest in die Wand eingelassen und verputzt sind, deren freie Ränder in lilienförmigen Zacken ausgeschnitten herabhängen, um der aufsteigenden warmen Luft eine Ablenkung von der Wand zu geben und diese dadurch vor den so leicht entstehenden Schmutzstreifen zu bewahren. Nur in den Sälen und in dem Empfangszimmer des Präsidenten sind die Heizkörper durch Holzverkleidungen, die in die Täfelungen dieser Räume einbezogen sind, verdeckt. Der Wärme wird der Austritt durch Gitter in den Vorderwänden und Abdeckungen ermöglicht. Diese Gitter sind ebenfalls aus Holz, und zwar aus rotbuchenen Stäbchen, nach einer mittelalterlichen Art zusammengesetzt. Es sind nämlich die nach der einen Richtung laufenden, dreikantigen Stäbe durch entsprechende Ausschnitte der sie in der anderen Richtung kreuzenden vierkantigen Stäbe durchgesteckt. Die Enden schneiden sich auf entsprechende Abfasungen der Randleisten oder Rahmen auf.

Lüftung. Eine künstliche Zuführung frischer, vorgewärmter, sowie befeuchteter und vorher gefilterter Luft ist für die vier Säle und die Mittelhalle eingerichtet. Die Frischluft strömt infolge des Wärme- und Gewichtsunterschiedes in zwei neben dem Kesselraum liegende Filterkammern ein und gelangt durch Kanäle in die früher erwähnten, unter den vier kapellenartigen Übereckbauten am Haupttreppenhause angeordneten Heizkammern. Dort wird sie mittels Heizschlangen der Dampfheizung vorgewärmt und befeuchtet und steigt dann in Kanälen und Schächten in die bezeichneten Räume. Die verdorbene Luft wird aus den Sälen, Fluren und denjenigen Geschäftszimmern, in denen besonders starker Verkehr stattfindet, durch Abluftschlote mit Sommer- und Winterlüftungsklappen abgeführt. Die Schlote endigen im Dachraum, dessen Luft durch natürliche Lüftung genügenden Wechsel erfährt. Die Entlüftungsschlote für die Aborte und Gruben, sowie die Dunstrohre der Küchen, endigen selbstredend über Dach. Alle übrigen Diensträume sind auf die einfache Lufterneuerung mit Hilfe der erwähnten Kippflügel in den Fenstern angewiesen.

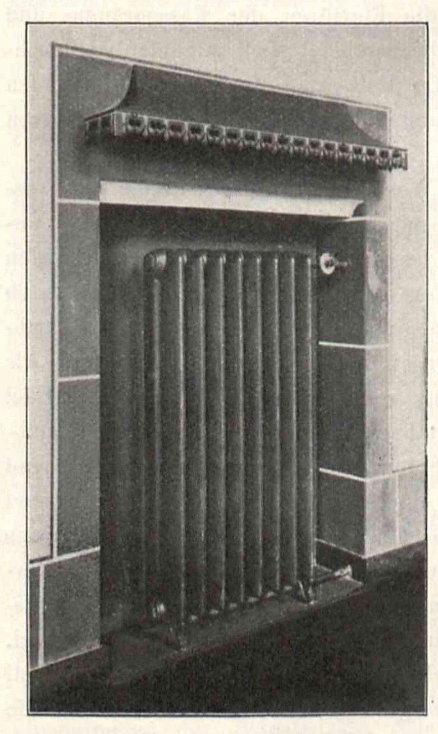


Abb. 28. Flurnische mit Heizkörper.



Abb. 29. Aus dem Saal der I. Zivilkammer: Stuhl des Vorsitzenden des Gerichtshofs, im Hintergrunde rechts Stuhl der Beisitzer, links Sitzungstisch und Aktenständer.

Blitzableiter. Gegen die Blitzgefahr ist das Haus gesichert durch eine Blitzableiteranlage, an die sämtliche Kupferdeckungen, die Rinnen und Abfallrohre, die eisernen Deckenträger, die Ringanker des Haupttreppenhauses, das Eisendach über der Versteigerungshalle und die Rohrleitungen der Heizanlage angeschlossen sind. Die Bekrönungen der Haupttürme (Text-Abb. 24), der Dachreiter und sonstigen in Spitzen auslaufenden Dächer und die schmiedeeisernen Giebelbekrönungen haben Einrichtungen erhalten, die sie zugleich als Auffangestangen geeignet machen, außerdem wurden besondere kleine Auffangestangen auf die übrigen Giebelspitzen und die Schornsteinköpfe aufgesetzt, so daß insgesamt 20 Auffangestangen vorhanden sind, die mittels der Firstleitungen in Verbindung stehen. Zur Erde gehen sieben Ableitungen nieder, von denen zwei in besonderen kupfernen Grundplatten endigen, die übrigen fünf an das Netz der städtischen Wasserleitung angeschlossen sind.

Wasserversorgung. Bei der feuersicheren Ausführung des Gebäudes ist von Feuerlöschleitungen innerhalb des Gebäudes Abstand genommen worden, und weil auf den drei Straßen, die es umziehen, ausreichende städtische Feuerhähne vorhanden sind, so wurde auch nur inmitten des großen Hofes ein Überflurhydrant mit Schlauchverschraubung der Halleschen Feuerwehr aufgestellt. Dieser wird mittels einer besonderen Zuleitung, die vor dem Wassermesser vom Hauptzuführungsrohr abzweigt, gespeist. Bei der Nähe mehrerer öffentlicher Feuermelder konnte von einem eigenen im Gebäude selbst ebenfalls abgesehen werden.

Die Wasserversorgung geschieht durch den Anschluß an die städtische Wasserleitung in der Poststraße neben dem Haupteingang. Sie dient der Speisung der Heizanlage und der Spülung sämtlicher Aborte und führt außerdem den Küchen in den Beamtenwohnungen, sowie der gemeinschaftlichen Waschküche und acht Zapfstellen über Fayence-Ausgußbecken in den Fluren, ferner den verschiedenen Entnahmestellen für die Zwecke der Hausreinigung, den Waschgelegenheiten in den Aborträumen und einer solchen im Kassenraum das Wasser zu. Die Aborte sind mit freistehenden Fayencebecken mit Geruchverschluß, selbsttätig aufklappbaren Sitzen und Heberspülkästen ausgestattet. Außerhalb des Gebäudes in den Vorgärten und im großen Hof sind zu dessen Reinigung, sowie zur Unterhaltung der Gartenanlagen, insgesamt vier Stück Ventilgartenhähne mit Abstell- und Entleerungshähnen angeordnet. Die Entwässerung des Gebäudes geschieht mittels Anschlusses an das städtische Kanalnetz. Die Abortgruben sind der in Halle üblichen Dreikammereinrichtung entsprechend ausgeführt. Auf den Höfen sind zusammen neun Stück Hofsinkkästen mit Wasserverschluß und Stabrosten vorhanden.

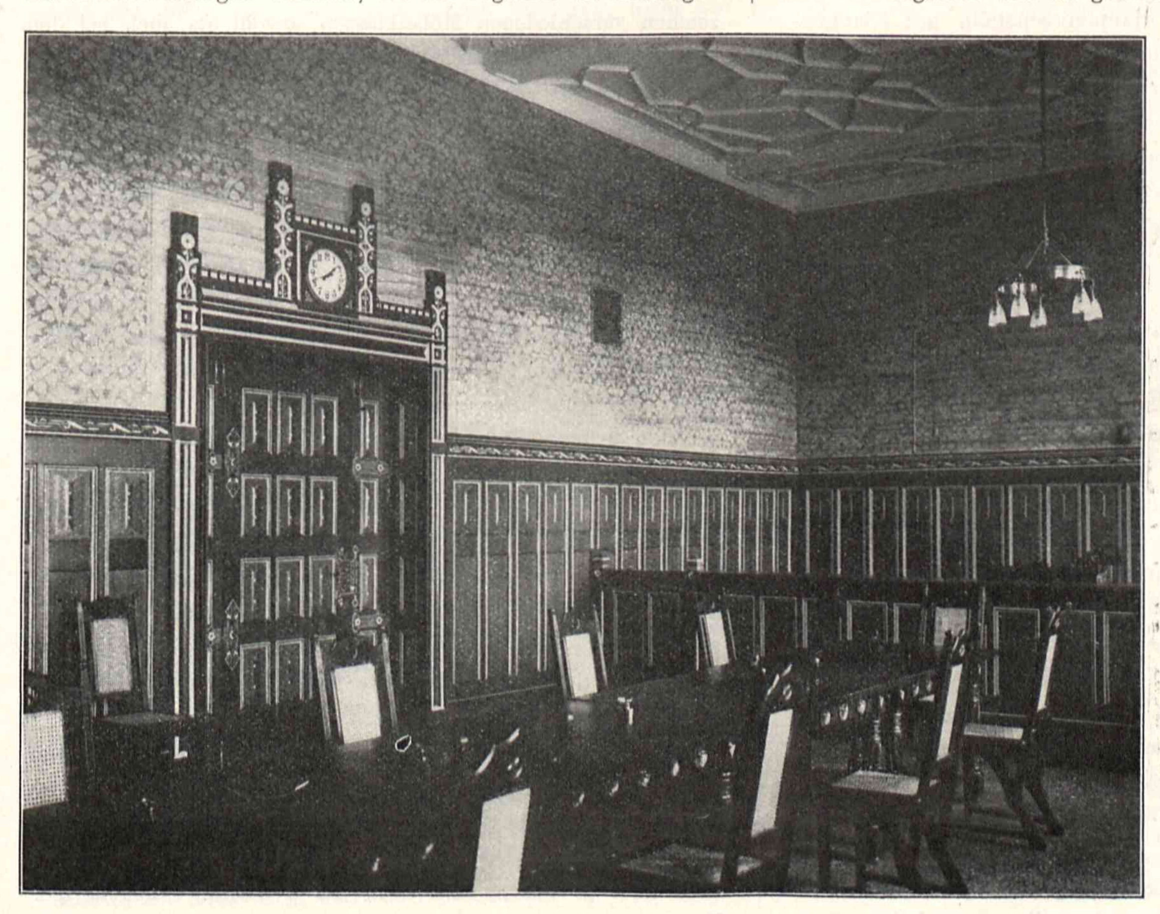


Abb. 30. Amtsgerichtssaal im II. Obergeschoß.

Beleuchtungsanlage. Die künstliche Beleuchtung geschieht durch eine elektrische Lichtanlage, die von dem Gleichstromnetz des städtischen Elektrizitätswerkes gespeist wird. Zwei Hauptschalter, je einer für die südliche und

nördliche Gebäudehälfte, sind im Pförtnerzimmer angebracht. Die gesamte Anlage ist in 38 Stromkreise geteilt, für deren Schalter in jedem Geschosse zwei Verteilungsschalttafeln vorhanden sind. Soweit die Leitungen sichtbar verlegt sind, liegen sie in Messingschutzrohren, im übrigen in Stahlpanzerrohren. Durchweg haben Gummiaderleitungen Verwendung gefunden. Die Flure, Treppenhäuser, Gerichtsdiener- und Warteräume, sowie die Aborte sind in Gruppen hintereinandergeschaltet, dagegen haben die Deckenbeleuchtungen der Zimmer Einzelschalter und die Kronen in den Sälen, sowie im Arbeits- und Empfangszimmer des Präsidenten Reihenschalter. Vorläufig sind 293 Lampen in 235 Beleuchtungskörpern eingebaut, nach der beabsichtigten Ergänzung der Lichtanlage werden aber 491 Lampen in 430 Beleuchtungskörpern zur Verfügung stehen.

Elektrische Uhrenanlage. In der Mittelhalle über dem Treppenaustritt im ersten Obergeschoß, dem Haupteingang gegenüber, hängt ein in Kunstschmiedearbeit ausgebildetes und der übrigen Ausmalung angemessen farbig und mit Vergoldung behandeltes Uhrgehäuse (Abb. 2 Bl. 8), das eine elektrische Uhr mit zwei entsprechend großen Zifferblättern und einem Schlagwerk enthält. Außer dieser sind noch fünf weitere Nebenuhren, nämlich eine ebenfalls zwei Zifferblätter bedienende in der Glaswand, die die beiden Rechtsanwaltszimmer im Nordflügel des ersten Obergeschosses trennt, und je eine in den vier Sitzungssälen (Bl. 9) in die elektrische Uhrenanlage einbezogen, während die Leituhr im Arbeitszimmer des Präsidenten steht. Wie aus Text-Abb. 30 zu entnehmen ist, haben die Uhren der Säle in den Bekrönungen der Haupteingangstüren einen passenden Platz gefunden.

Fernsprechanlage. Das Gebäude ist an das allgemeine Fernsprechnetz durch eine Hauptsprechstelle mit Klappenschrank in dem Pförtnerzimmer angeschlossen. Mit dieser sind vorläufig zwei Nebensprechstellen in den Zimmern der Obersekretäre verbunden und mit einer Abstellvorrichtung für Geheimgespräche versehen. Für den Präsidenten ist in dessen Arbeitszimmer eine unmittelbare Verbindung mit der Staatsanwaltschaft im alten Landgerichtsbau eingerichtet. Einen besonderen Anschluß haben sich die Rechtsanwälte einrichten lassen.

Elektrische Klingelanlage. Zur Bequemlichkeit des Dienstverkehrs ist ferner eine elektrische Klingelanlage eingefügt, durch die von 54 Räumen aus, nämlich von den Sitzungssälen und Beratungszimmern, von allen Zimmern für richterliche Beamte, für die Obersekretäre, den Rechnungsrevisor und von der Kasse aus die betreffenden Gerichtsdiener gerufen werden können. Die neun Dienerzimmer sind überdies mit den beiden Botenmeistereien verbunden, so daß diese angerufen werden können, wenn in den einzelnen Dienerzimmern niemand anwesend ist. Eine besondere elektrische Anlage mit Lärmvorrichtung in der Schlafstube des Pförtners ist zur Sicherung der Schatzkammer gegen Einbruchs- und Feuersgefahr angebracht. Außerdem ist bei jedem Eingange an der Straße ein Druckknopf vorhanden, der mit einer Klingel in der nächstgelegenen Dienstwohnung verbunden ist.

Ausstattung. Alle Ausstattungsstücke, die auf Grund der von den Gerichtsbehörden aufgestellten und höhern Orts geprüften und festgestellten Bedarfsnachweisung neu zu beschaffen waren, sind, von untergeordneten kleineren Gebrauchsgegenständen abgesehen, besonders entworfen und dem Gepräge des Ganzen angepaßt worden. Dabei ist eine sehr weitgehende Abstufung der verschiedenen Möbel getroffen worden, wodurch einerseits eine große Abwechslung in der Ausstattung der einzelnen Räume erzielt, anderseits aber ermöglicht wurde, daß durch Beschränkung bei den Stücken für die untergeordneten Diensträume die Mittel für eine reichere Ausbildung derjenigen in den Sälen, den Zimmern der Vorstandsbeamten, der Richter usw. aufgespart werden konnten.

Die Möbel in den Sälen, in den Zimmern der Vorstandsbeamten und der Landgerichtsdirektoren, sowie die in den Fluren aufgestellten Bänke sind in Eichenholz ausgeführt, schwarz gebeizt und gewachst worden. Hierdurch ist ein Gegengewicht gegen die leuchtend bunten Farben geschaffen und in jedem Falle ein Mißklang der Farbenstimmung vermieden worden. In der kräftig schwarzen Umrahmung konnten dann die Bezüge der Sitzungstische mit rotem Tuch und die der Stühle für den Vorsitzenden und die Beisitzer mit rotem Leder ohne Gefahr für die Gesamtstimmung und in guter Wirkung für die Möbel selbst Verwendung finden (Text-Abb. 29). Die Ausstattungsstücke aller übrigen Geschäftsräume sind teils in Kiefern-, teils in Buchenholz zur Ausführung gelangt. In letzterem sind besonders alle Stühle außer den vorerwähnten hergestellt worden. Um auch diese Möbelstücke aus Kiefern- und Buchenholz der gesamten Farbenstimmung der betreffenden Räume so einzufügen, daß sie nicht stören, aber sich selbst doch wirkungsvoll darstellen, sowie auch in Rücksicht darauf, daß die Stücke nicht immer in den nämlichen Räumen verbleiben, und daß bei den zu bestellenden, zahlreichen verschiedenen Möbelklassen sowohl als auch bei den Mengen der Stücke ein und derselben Klasse unmöglich noch die Stücke den einzelnen Räumen entsprechend verschiedenartig getönt werden konnten, wurde eine einheitliche dunkle Beizung durchgeführt. Da die üblichen gelblichen und bräunlichen Töne aber auch wenig paßten, und da die farbigen Beizen, die heutzutage meist im Schwange sind, mehr oder weniger mit anfangs bestechenden, bald aber verschwindenden oder sich mißfärbenden Anilinfarben hergestellt werden, so wurde eine Mischung aus Indigo mit Nußbeize oder Kasseler Braun ausgeprobt und durchgeführt. Diese Beize, durch Auflösen der genannten Stoffe in Essig bereitet, liefert einen schönen grünen Ton, der je nach Wunsch mehr saftig grün oder mehr bräunlich, satter oder lichter, gehalten werden kann. Die so gebeizten Stücke sind dann für die Richterzimmer poliert, in den übrigen Räumen zum Teil mattlackiert worden. Für die Arbeitsplätze in sämtlichen Geschäftsräumen sind die Stühle über einem Rohrgeflecht mit einer Polsterung aus Jutefaser und einem Überzug aus Ledertuch versehen. Die Arbeitstische und Stehpulte haben innerhalb eines Holzrahmens einen Ledertuchbezug.

Auch bei dem Entwerfen und Ausführen der Möbel sind möglichst die gesunden, mittelalterlichen Grundsätze, die der Natur des geradfaserig gewachsenen Holzes Rechnung tragen, befolgt worden. Die Gestaltung ist in freier Verwendung bald mehr gotischer, bald mehr der Renaissance angehöriger Formen geschehen.

Baukosten. Die für den Bau mit Einschluß der tieferen Gründung, der Nebenanlagen und der inneren Ausstattung, aber unter Ausschluß der Bauleitungskosten bewilligten Mittel beziffern sich auf 1543500 Mark. Ersparnisse, die gegen einzelne Titel des Kostenanschlags erzielt worden sind, wurden durch gediegenere Ausführung, durch Beschaffung nachträglich geforderter Ausstattungsstücke usw. wieder aufgebraucht. Überschreitungen haben nicht stattgefunden. — Von der genannten Summe entfallen nach der Ausführung auf die tiefere Gründung allein über 84000 Mark und auf das eigentliche Gebäude etwas über 1309000 Mark. Die bebaute Grundfläche mißt 2674 qm, der umbaute Raum 63363 cbm. Das Quadratmeter bebauter Fläche kostet rd. 490 Mark und das Kubikmeter umbauten Raumes 20,66 Mark. Illert.

Tydskebryggen in Bergen.

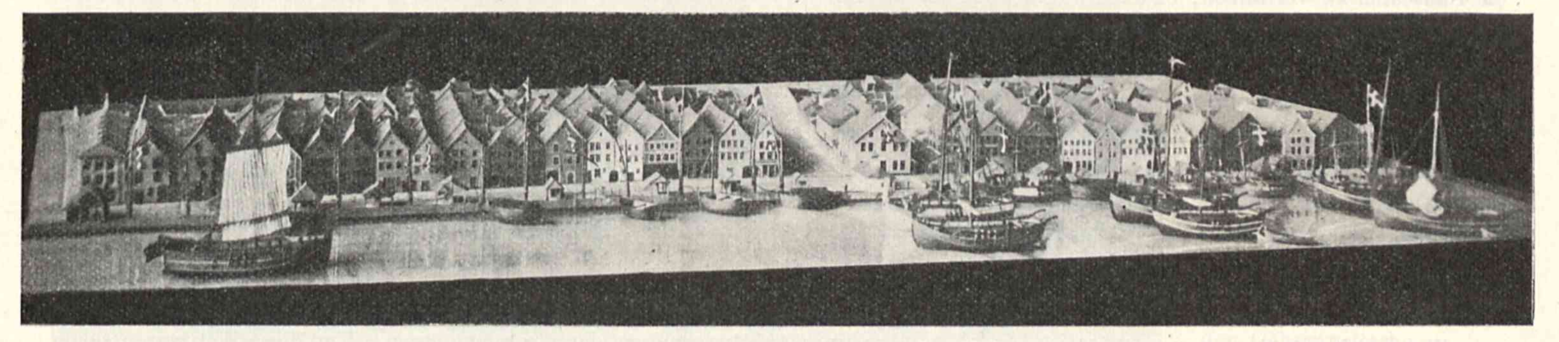


Abb. 1. Kaufhöfe an der Tydskebrygge in Bergen nach einem Modell.

1. Die deutsche Niederlassung und ihre Bauten bis zum Jahre 1764.

Neben den weltberühmten Ruinen von Wisby sind die nunmehr dem Untergang geweihten Bauten an der deutschen Brücke in Bergen die letzten Zeugen und Überreste der einstigen Macht und Herrlichkeit der Hansa in Skandinavien. Aber während jene, leblos und abgestorben, als traurige Zeichen irdischer Vergänglichkeit in die Neuzeit hereinragen, hatten diese, obschon zerbrechlicher Art, das günstige Geschick erfahren, durch mancherlei Wandlungen hindurch, nicht nur die Stürme von Jahrhunderten überdauern, sondern auch von einem frischen und fröhlichen Leben und Treiben erfüllt, uns die Erinnerungen an die große Hansazeit lebendig erhalten zu dürfen.

Bergen kann sich rühmen, die wichtigste und zugleich eine der ältesten Handelsniederlassungen an der skandinavischen Westküste zu sein. In der Tat schwang sich die Stadt schon kurze Zeit nach ihrer Gründung um das Jahr 1070 herum, zu einem bedeutenden Handelsplatz empor und wurde in der Folgezeit der erste Platz der Welt in Meereserzeugnissen; daher auch das Wappen des später dort gegründeten hanseatischen Kontors neben dem halben lübeckschen Adler einen geköpften Dorsch mit der Krone aufweist.

Eine ausführlichere Schilderung der Schicksale der deutschen Handelsniederlassung und ihrer Einrichtungen in Bergen kann nicht Gegenstand dieser Abhandlung sein. Da jedoch ein genaues Verständnis und eine richtige Würdigung der für die Kulturgeschichte so bedeutsamen Bauanlagen[1]) an der Deutschbrücke nur auf Grund der Kenntnis der Schicksale der Bauten und des mit diesen so innig verwachsenen Kontors möglich ist, das gleichsam ihre Seele war, so muß wenigstens eine flüchtige Übersicht über den Stoff eingeflochten werden, der sehr bemerkenswert und in seinen Einzelheiten kaum all zu bekannt, noch der berufenen Feder harrt.

Ursprünglich befanden sich Handel und Schiffahrt in Händen des norwegischen Adels (Stormænd), der schon lange Zeit vor der Gründung der Stadt einen schwunghaften Handel mit Meereserzeugnissen, vorwiegend nach England, Irland und Schottland betrieb und seine Kaufhöfe (Gaarde) an der Stelle besaß, wo heute die Deutschbrücke noch steht.[2]) Später gab der Adel diesen Betrieb, als mit dem adeligen Wesen unvereinbar auf, verpachtete die Kaufhöfe und zog sich auf seine Landsitze zurück; so kam es, daß bei der gänzlichen Verarmung und mangelnden kaufmännischen Schulung der Bürgerschaft, die Kaufhöfe als Pachtgut in die Hände von Ausländern übergingen. Deutsche und Engländer stritten sich auf diesem Boden anfänglich um den Vorrang, der schließlich der zähen Ausdauer und dem kaufmännischen Geiste der Deutschen verblieb. Letztere schlugen sogar ihre Nebenbuhler ganz aus dem Felde und rissen fast den ganzen Handel an sich, nachdem im Jahre 1241 die deutschen Handelsstädte den ersten Schritt zur Gründung des später so mächtigen Hansabundes getan und im sog. Lübecker Abkommen mit dem Könige Haakon dem Alten (1217—63) der norwegischen Krone bedeutende Vorrechte abzutrotzen gewußt hatten (1250). Die Seemacht Norwegens war, obschon im Sinken begriffen, damals noch sehr bedeutend, und nichts gibt eine anschaulichere Vorstellung von der Blüte

1) Vgl. u. a. Nicolaysen, Historiske Tidsskrift, 3. Række 1, „Om de norske Kjøbstæder i Middelalderen“ und das volkstümliche Werk von Koren-Viberg: „Det tyske Kontor i Bergen“, Tegninger med Beskrivelser, John Griegs Forlag 1899. (Bergen.) Beiden verdankt die nachfolgende Abhandlung wertvolle Aufschlüsse.

2) Die Bauzeichen, zugleich Namen (Bumærker) dieser alten Gehöfte oder Seehöfe (Søgaarde) haben sich, wie derjenige des Finnegaard, welcher sich von einem noch vorhandenen adeligen Gehöft Finne bei Voß herleitet, z. T. bis in die Gegenwart hinein erhalten. Bemerkenswert ist auch, daß hier eine Art der neuerdings wieder stark in Aufnahme gebrachten Erbpacht vorkommt; der Grund und Boden gehörte nämlich dem norwegischen Könige und war gegen eine jährliche Abgabe den Besitzern der Kaufhöfe überlassen; dieses Verhältnis blieb auch nach Errichtung des hanseatischen Kontors bestehen.

der deutschen Städte des dreizehnten Jahrhunderts, als daß sie wagen durften, es mit einer Macht, wie die norwegische aufzuehmen. Unter Magnus Lagaböte (1263—1281) hob für die deutschen Kaufleute die glänzendste Zeit ihres Handels im Norden an; er erlaubte ihnen, sich seßhaft zu machen, Kaufhöfe zu erwerben, und neue Warenlager zu errichten, und stattete sie mit so reichlichen Vorrechten aus, daß ihre Faktorei schon damals eine gewisse selbstherrliche Stellung in Norwegen einnahm. Das Verhältnis zwischen ihnen und den Eingeborenen war von jeher sehr gespannt gewesen, weil sie mehr und mehr den ganzen Handel an sich rissen und stolz und herrisch auftraten. Die wiederholten Versuche, die Hanseaten zu vertreiben, endeten unglücklich für die Norweger. Die letzte dieser Austreibungen hatte im Jahre 1428 stattgefunden; sieben Jahre später aber, im Jahre 1435, kehrten die Hanseaten wieder zurück und befestigten sich nunmehr in ihrer Stellung und Macht wie nie zuvor. Das auf diesen Zeitpunkt folgende Jahrhundert ist als die Blütezeit des deutschen Handels in Norwegen zu bezeichnen, was auch äußerlich durch die 1445 erfolgte Gründung des nach hanseatischem Vorbild eingerichteten Bergen-Kontors gekennzeichnet wird.

Wie vorhin erwähnt, hatten die Hanseaten im Jahre 1276 das Recht erlangt, Kaufhöfe zu erwerben; davon aber scheint vor dem Schlusse des vierzehnten und dem Anfang des fünfzehnten Jahrhunderts nicht zu oft Gebrauch gemacht worden zu sein. Um diese Zeit war Bergen wirtschaftlich so geschwächt, daß von da an der Übergang der Kaufhöfe in den Besitz der Hanseaten sich rascher vollzog; etwa um das Jahr 1450 herum waren sie die Herren des größten Teils der deutschen Brücke; der Rest der Höfe gelangte erst später, als der Glücksstern der Hansa bereits im Erbleichen war, in ihren Besitz. Die große Feuersbrunst im Jahre 1476 übte keinen hemmenden Einfluß aus auf das Kontor und seinen schwunghaften Handel; man setzte die Geschäfte unverdrossen fort und ließ die Bauten in der alten Gestalt wieder erstehen.[3]) In jenen Zeiten müssen Bergen im allgemeinen und die Deutschbrücke im besonderen ein wahres Sodom und Gomorra gewesen sein. Den Angestellten des Kontors war bekanntlich, um sie in dauernder Abhängigkeit von den Hauptsitzen der Geschäfte in Lübeck, Bremen, Hamburg usw. zu erhalten, das Heiraten verboten, ein Brauch, den der Hansabund übrigens auch sonst eingeführt hatte, und der für die Anlage und Einrichtung der Kaufhöfe zu Bergen in erster Linie mitbestimmend gewesen ist.[4]) Es war daher unvermeidlich, daß unter den jungen Burschen des Kontors (Ungkarle), deren Zahl in der Blütezeit etwa 2000 betragen haben mag, die rohesten und verwildertsten Sitten einrissen, und daß diese Sittenverderbnis sich auf die wirtschaftlich abhängige Bürgerschaft fortpflanzte. Auch in Kleidertracht und Lebensweise wurde große Pracht und Verschwendung entfaltet; zwar erließen die Oberen in Lübeck strenge Vermahnungen, sich eines besseren Wandels zu befleißigen, doch ohne jede Wirkung.

3) Weitere große Brände in voraufgegangener Zeit, 1198 und 1413; beide Male wurde auch die Marienkirche in Mitleidenschaft gezogen.

4) So beim Stahlhof in London, der eine Art von Festung, und gegen Ende des dreizehnten Jahrhunderts gegründet, bald der Mittelpunkt des Handels und Verkehrs wurde, und dessen Mitglieder eine feste, einem Orden nicht unähnliche Körperschaft bildeten; sie blieben während der Dauer ihres Aufenthaltes unvermählt.

Das Jahr 1556 bezeichnet den Wendepunkt in den Schicksalen des Bergenkontors. In diesem Jahre wurde Kristoffer Valkendorf, dessen Name im Norden einen guten Klang hat, Lehensherr auf Bergenshus, der alten Hafenfeste. Ihm gelang es unter der Gunst der Verhältnisse, die Macht der Hanseaten in Norwegen derart zu brechen, daß sie sich davon nie wieder erholten. Die Eingeborenen aber begannen ihre Handelsselbständigkeit zurückzuerobern.

Im Jahre 1630 löste sich der Hansabund auf. Das Bergenkontor bestand zwar noch ein Jahrhundert lang in Abhängigkeit von den drei Städten Lübeck, Bremen und Hamburg weiter fort; aber kein starker Bund steifte ihm mehr den Rücken, der Wettbewerb meldete sich von allen Seiten, und so gelangten die Kaufhöfe nach und nach wieder in den Besitz der Einheimischen zurück.

Am 19. Mai des Jahres 1702 brannte bei einer gewaltigen Feuersbrunst, die südlich vom Rathause (des Kontors) ausbrach, die ganze Deutschbrücke nochmals ab; auch diesmal wurde sie in der alten Gestalt wieder aufgebaut, und es wurden, wie ausdrücklich versichert wird, keinerlei Veränderungen daran vorgenommen. Um diese Zeit waren schon mehrere Handelsstuben aus dem hanseatischen Verband losgelöst und in den Besitz von deutsch-norwegischen Eigenhändlern übergegangen; dadurch mußte notwendigerweise das Gefühl der Zusammengehörigkeit geschwächt und der Keim zu Streitigkeiten gelegt werden. In der ersten Hälfte des vorvorigen Jahrhunderts gingen die Hansastuben mehr und mehr zurück. Im Jahre 1740 z. B. waren deren nur noch neun mit einer Obrigkeit von drei „Achtzehnern" und dem Sekretär.

Auf Wunsch der zahlreichen Eigenhändler wurde im Jahre 1754 das bergensche oder nordische Kontor neben dem hanseatischen gegründet, an welchem nur Norweger beteiligt waren. Die beiden Kontore bestanden noch eine Zeitlang nebeneinander fort, bis im Jahre 1764 die letzte hanseatische Handelsstube an einen Norweger verkauft wurde.

Die Schicksale des nordischen Kontors haben nur noch örtliche Bedeutung und bieten dem Deutschen wenig Bemerkenswertes mehr, außer etwa, daß die ehrwürdig gewordenen Formen und Gebräuche beibehalten wurden, und daß das deutsche Element im Kontor zu Anfang des vorigen Jahrhunderts ganz verschwand.

2. Gliederung des Kontors.

Das Kontor bildete, vermöge eines der damaligen dänisch-norwegischen Regierung abgezwungenen Privilegs, einen fremden Staat im Staate, welcher bei stark juristischem Zuschnitt, nicht etwa nach dänischen oder norwegischen, sondern nach hanseatischen Gesetzen regiert wurde und unter dem Rate von Lübeck stand. Zu seiner Verwaltung berief dieser Rat zwei Altermänner (Oldermœnd), die mit achtzehn Kaufleuten des Kontors, den „Achtzehn", und dem in Lübeck gewählten, meist juristischen Sekretär den Kaufmannsrat (Kjøbmandsraadet) bildete, welcher gewöhnlich „Ein ehrsamer Kaufmann" (E. E. K. M.) genannt wurde. Zu den Festangestellten des Kontors gehörten noch der Kaufmanns- und der Sekretärsdiener. Alle Angestellten bezogen vom Hansabunde ein

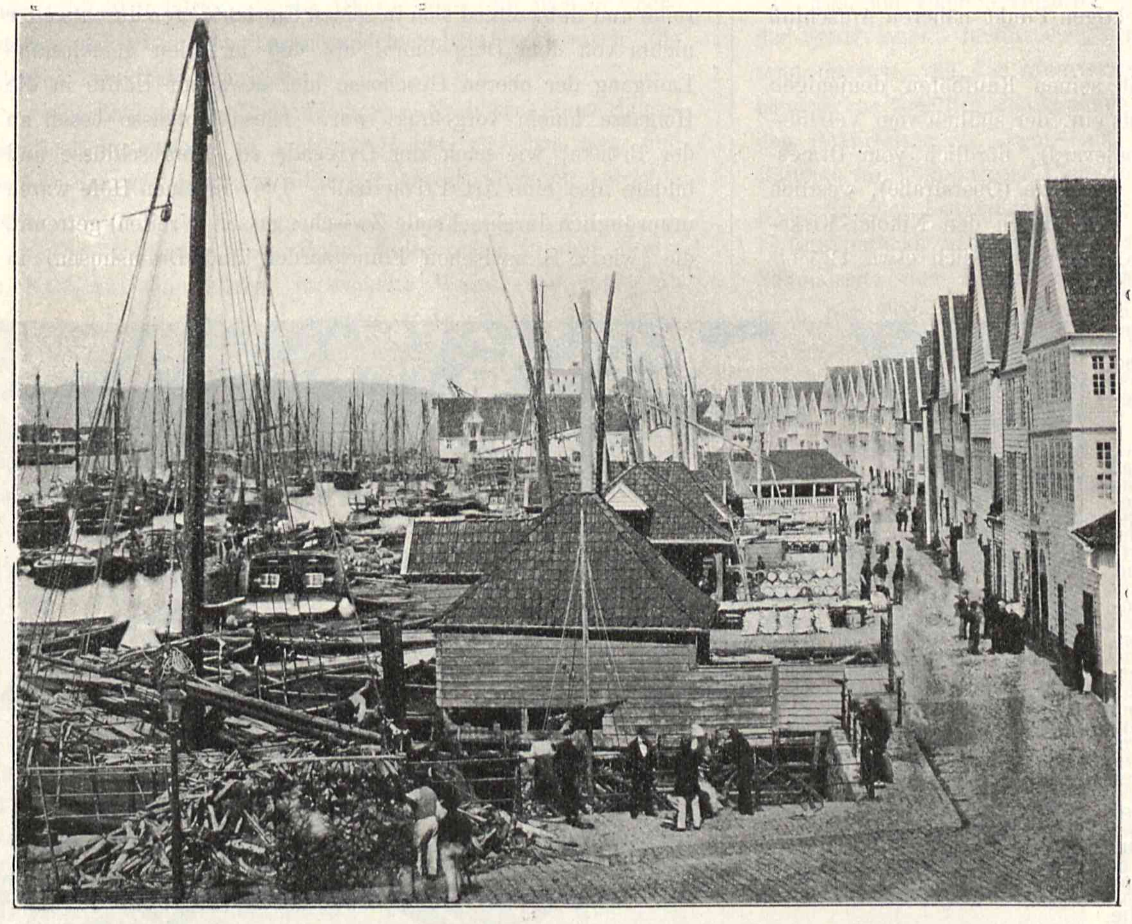


Abb. 2. Der Hafen und die Kaufhöfe an der Tydskebrygge in Bergen.

festes jährliches Gehalt und ein „Gratial" zu Weihnachten. Die beiden Altermänner walteten ihres Amtes jeder sein Jahr. Die Achtzehn, welche sich in die einzelnen Ämter (als Frachtherrn, Branddirektoren usw.) teilten, wurden zu ihrem Amte bestellt um die Herbstzeit, wo der Kaufmannsrat mit der sog. großen Gemeinde,[5]) worunter die sämtlichen Kaufleute oder Handelsverwalter des Kontors zu verstehen sind, zu einer Art Generalversammlung zusammentrat.

Jeder Kaufhof des Kontors war ein Inbegriff von Bauten, dessen Insassen zur Hansazeit unter der Obrigkeit des Kaufmannsrats eine kleine selbständige Gemeinde bildete, mit eigenen Satzungen (Gaardsret), eigenen Beamten und Angestellten, sowie eigenem Richterstuhl (Domstol) für geringfügige Streitigkeiten. Vom Hofrechte konnte Berufung eingelegt werden beim Kaufmannsrat und von diesem beim Rate zu Lübeck in letzter Instanz. Die Aufnahme unter die Angestellten war an gewisse, meist rohe Gebräuche geknüpft. Das Klubhaus aber bildete den Mittelpunkt des Lebens auf dem Kaufhofe; es diente den Hofinsassen nicht nur als Eß- und Trinkstube während der kälteren Jahreszeit, sondern wurde auch je nach den Umständen als Ratszimmer, Gerichtsstube und Bethaus benutzt.

Zu den Beamten des Kaufhofes gehörten: 1. der Bauherr oder Baumeister, der jährlich aus der Zahl der Handelsverwalter gewählt wurde und den Hof zu verwalten hatte, 2. der Obergeselle (Gesellen-Houetmann), der dem Bauherrn zur Seite stand und eine Art ludi magister war, 3. der Oberaufseher der Burschen (Jungens-Houetmann), 4. der Holzkäufer, 5. der Bierkäufer, 6. der Sekretär oder „Beysitzer", 7. der Aufseher im Garten und im Feuerhause, 8. der Zapfer (Pütjer).

Der Richter, „Meister Hans" genannt, fand sich von Zeit zu Zeit mit seinem Gehilfen im Klubhause ein, um nach dem Hofrecht Recht zu sprechen und die Urteile zu vollstrecken. Die Handelsverwalter und die Gesellen entrichteten Bußen — öfters in Bier —, die Burschen erhielten einen hochdeutschen Schilling, d. h. eine Züchtigung mit der Ochsenpeitsche.

3. Anlage der Kaufhöfe.

Die heutigen Bauten an der deutschen Brücke stammen, wie schon gesagt wurde, aus der Zeit unmittelbar nach dem Brande im Jahre 1702. Wer in dem Hafen Umschau haltend die auf mittelalterliche Weise in die See hineingebauten malerischen Kaufhöfe an der Westseite des Vaag (Bucht) mit ihren seitlichen Bootshäfen gewahrt und damit die einfache Kaianlage samt der weit zurückgeschobenen Deutschbrücke an der Ostseite vergleicht, der wird auf den ersten Blick der Vermutung Raum geben, daß letztere Anlage möglicherweise jüngeren Ursprungs und etwa eine Neuschöpfung nach dem Brande des Jahres 1702 sein könne; ein Eindruck, der noch durch die Bauanlagen bei Bradbænken verstärkt wird. (Vgl. Abb. 2 und den Lageplan, Abb. 3.) Das ist indessen nicht der Fall, denn die Kaianlage und die Deutschbrücke, wie sie jetzt sind, müssen einer alten Urkunde zufolge schon vor der Mitte des zwölften Jahrhunderts bestanden haben. Ja, der verdiente norwegische Altertumsforscher Nicolaysen (siehe das oben angezogene Werk über den Gegenstand) ist sogar geneigt für die Kaianlage die Ursprünglichkeit in Anspruch zu nehmen und führt zur Bekräftigung seiner Ansicht u. a. an, daß wegen der örtlichen Wind- und Wetterverhältnisse die an der Westküste des Vaag unentbehrlichen seitlichen Bootshafen bei der Deutschbrücke an der Ostküste nicht erforderlich gewesen seien, ein Beweismittel, das durch die noch vor kurzem vorhanden gewesenen in den Kai der letzteren eingeschnittenen Bootshafen (Abb. 3) und die — allerdings späteren — Anlagen bei Bradbænken einigermaßen entkräftet zu werden scheint. Da übrigens augenblicklich diese Kaianlage einem Umbau unterzogen wird, wobei etwaige alte Reste von Gründungsarbeiten bloßgelegt werden müssen, so wird sich vielleicht die Möglichkeit bieten, über diesen für die Be-

5) Die sog. „kleine Gemeinde" wurde gebildet je durch die beiden Ältesten eines jeden Doppelhofes und den Ältesten jeden Einzelhofes.

urteilung der Bauanlagen wichtigen Punkt näheren Aufschluß zu erlangen.

Das Kontor nimmt mit seinen Kaufhöfen denjenigen Teil des östlichen Hafenviertels ein, der südlich vom Vetrlids-Almending (Almending = Boulevard), nördlich vom Drægs-Almending, östlich von der Övregade (Oberstraße), westlich vom Kai begrenzt ist, und wird durch den Nikolai-Kirke-Almending in zwei ungleiche, durchschnittlich etwa 125 bis 130 m tiefe Baublöcke geschieden, von denen der südliche ungefähr 130 m, der nördliche 155 m lang ist (vgl. den Lageplan Abb. 3).

Die Zahl der Kaufhöfe hat im Laufe der Jahrhunderte geschwankt; auf die Neuzeit waren im ganzen sechzehn Höfe mit etwa 60 Handelsstuben gekommen. Die einzelne Stube verfügte daher, bei einer Gesamtfläche von etwa 36000 bis 37000 qm mit Einschluß von Hof- und Gartenland, über ungefähr 60 qm Bodenfläche; in der Blütezeit ist jedoch nur ein verhältnismäßig geringer Bruchteil dieser Fläche auf die einzelne Handelsstube gekommen. Die deutsche Brücke zählte noch gegen Ende des vorigen Jahrhunderts, vom Süden an gerechnet, die folgenden Kaufhöfe: Finnegaarden, Dramshusen, Bratten, Leppen, Revelsgaarden, Solegaarden, Holmedalen, Belgaarden, Jacobsfjorden, Svensgaarden, Enhjørningen, Bredsgaarden, Bugaarden, Engelgaarden, Søstergaarden und Guldskoën. Zwischen Solegaarden und Holmedalen lag früher die Ratsstube, das alte Rathaus des Kontors. Der Hof Kappen, zwischen Holmedalen und dem längst verschwundenen Rathause[6]) gelegen, wurde im Jahre 1865 niedergelegt und das Grundstück zum Nikolai-Kirke-Almending zugeschlagen. Die Höfe waren teils Doppelhöfe, teils Einzelhöfe. Der Doppelhof war die Regel; er bestand aus zwei langen Reihen meist zweistöckiger Gebäude, die sich zu beiden Seiten einer schmalen Hofgasse (Gaardskleven; so genannt, weil das Gelände von der Brücke im Westen her nach der Övregade stark ansteigt) nach Osten hin erstreckten. (Siehe die Grundrisse Abb. 6 bis 8.) Der Rest der Grundstücke nach der Övregarde zu wurde, soweit er nicht mit Schupppen besetzt war, als Grasplatz und Gemüsegarten benutzt. Der Einzelhof besaß nur eine einzige Gebäudereihe und unterschied sich in seinen Einrichtungen durch weiter nichts von dem Doppelhofe, als daß der allen gemeinsame Laufgang der oberen Geschosse hier etwa zur Hälfte in die Hofgasse hinein vorgekragt war. Diese Hofgasse besaß an der Brücke, wie nach der Övregade zu, Torabschlüsse und bildete also eine Art Privatstraße. Die einzelnen Höfe waren ursprünglich durch schmale Zwischengassen (Vreiten) getrennt, die (wie z. B. zwischen Finnegaarden und Dramshusen) in späterer Zeit vielfach mit niedrigen Anbauten, den sog. Taschen besetzt wurden.

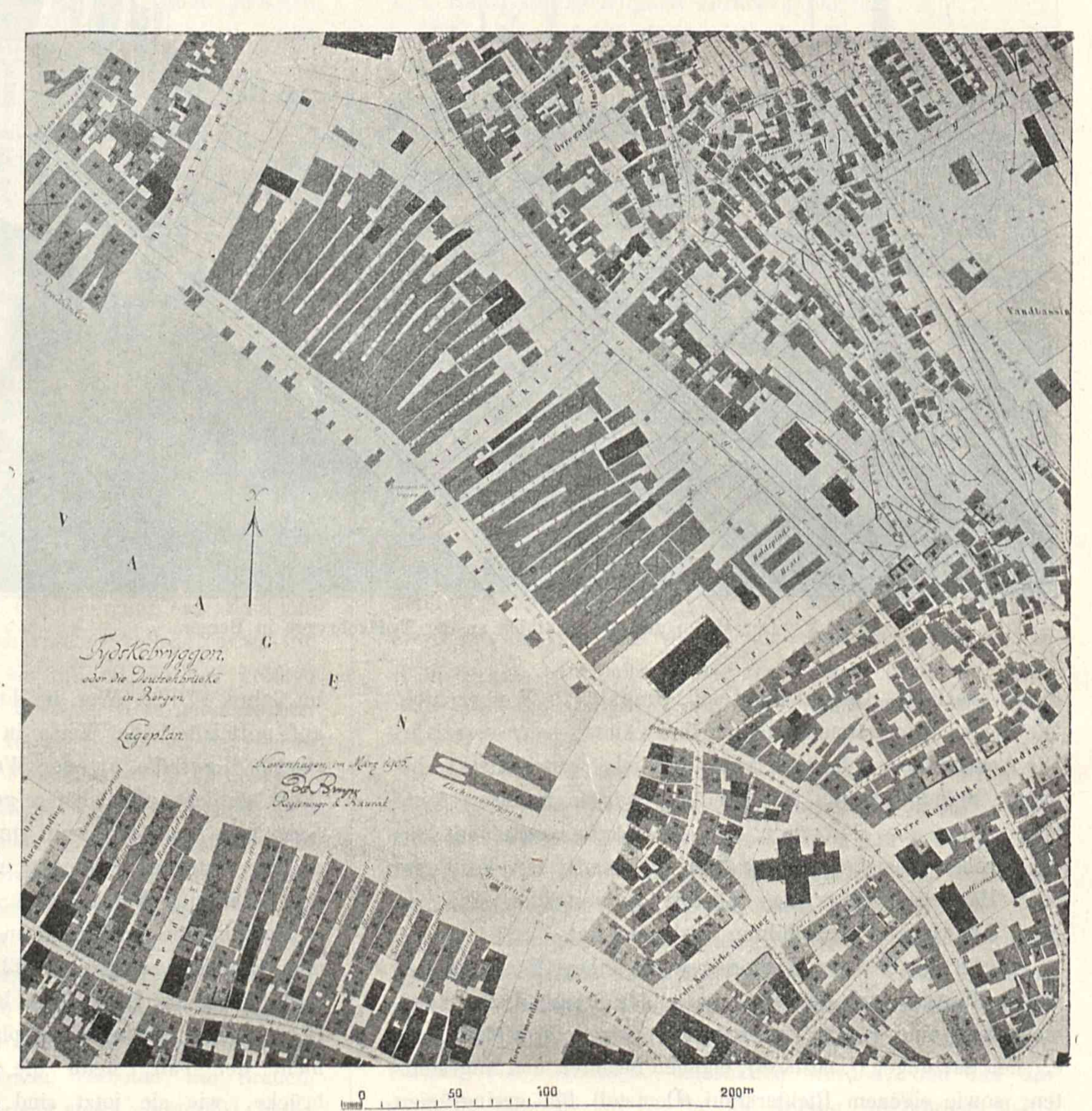


Abb. 3. Lageplan des Hafens in Bergen.

Was endlich die Breite und Tiefe der Höfe und die Höhe der Bauten anlangt, die im Laufe der Zeiten stark gewechselt haben, so kann man heutzutage die Hofbreite etwa zu 19 m annehmen, während die Tiefe durchschnittlich 125 m betragen mag. Die Höhe der Bauten bestimmte eine etwas unklare Verordnung zu 13 Alen (= Ellen, etwa 8,2 m) bis zur „bade“ und nicht mehr. Ohne die Bedeutung dieses plattdeutschen Wortes zu kennen, darf man doch annehmen, daß die Häuser bis zur Oberkante des obersten Geschosses nicht höher sein sollten, als dieses Maß angibt, was übrigens auch jetzt noch einigermaßen mit der Wirklichkeit übereinstimmt. So ist z. B. der Finnegaard bis zur Oberkante des zweiten Geschosses etwa 9 m und bis zur Giebelspitze 14 m

6) Eine Skizze hiervon ist noch erhalten und in dem oben genannten Werke von Koren-Viberg angegeben. (S. 146—147.)

hoch; im Mittelalter, als die Häuser noch die flachen höchstens rechtwinkligen Torfmoosdächer besaßen, waren die Bauten erheblich niedriger.

Die Zahl der Kaufleute (Naboër = Nachbarn) eines Hauses wechselt heutzutage, je nach der Größe, zwischen zwei und sechs; sie soll aber zur Blütezeit bis zu fünfzehn betragen haben.

Die Kaufleute eines Hofes teilten sich in den Besitz vielfach auf eine höchst verwickelte Weise, wie später an einem Beispiel dargetan werden soll. Jeder Besitzanteil führte den Namen „Stube" (norwegisch Stue), worunter die sämtlichen einem Handelshause gehörigen Gebäude, Räumlichkeiten usw. zu verstehen sind; die nach dem Hafen zu belegenen Handelsstuben hießen Seestuben, die an den Höfen belegenen, Landstuben.

Das Kolossalmodell des ganzen „Kontors" (Abb. 1) ist in Bergens Museum aufgestellt und ist geeignet, dem Bau- und Kunstverständigen für alle Zeiten eine anschauliche Vorstellung der Anlagen zu ermöglichen.

Was die Grundform der Kaufhofsanlage angeht, so hat sie sich ganz allmählich entwickelt; wann sie ihre feste Form angenommen hat, kann nicht mehr genau bestimmt werden; doch muß das nach einer Urkunde aus dem Jahre 1155, welche von dem obenerwähnten Torabschluß als von etwas bestehendem redet, schon vor diesem Zeitpunkt geschehen sein. Nicolaysen hat überzeugend nachgewiesen, daß sich die Grundform aus den Einzelheiten des alten norwegischen Bauernhofes entwickelt hat. Nachdem sie einmal feststand, wurde zäh daran festgehalten und zwar u. a. auch aus dem Grunde, weil jede Abweichung vom Althergebrachten störend in die feste Form eingegriffen haben würde, welche Handel und Wandel an der Deutschbrücke im Laufe der Jahrhunderte angenommen hatten. [7])

Bei den Handelshäusern, welche im wertvollsten Teile der Stadt lagen, mußte sich schon früh das Bestreben geltend machen, von der raumverschwendenden Anordnung des bäuerischen Gehöftes abzukommen, um für die stetig wachsenden Bedürfnisse an Lager- und Geschäftsräumen neben den Räumen für Wohnzwecke Platz zu gewinnen; außerdem mußte jeder Kaufhof bequemen Zugang zum Hafen besitzen. Die Hofgrundstücke wurden daher so abgeteilt, daß sie mit ihrer Schmalseite dem Hafen zugekehrt, sich mit ihren Bauten nach der Tiefe zu entwickelten. Da aber selbst auf diese Weise mit einstöckigen Bauten auf die Dauer nicht auszukommen war, so wurden die Gebäude mehrstöckig angelegt. Eine Ausnahme hiervon bildete das Feuerhaus und das damit verbundene spätere Klubhaus, welch letzteres übrigens in seiner Grundrißanlage vollkommen der oben beschriebenen bäuerischen Wohnhausanlage entsprach. Beide mußten wegen der Beschaffenheit der Feuerstätte — Schornsteine kannte man nicht — auf dem Hofe ganz nach hinten geschoben und einstöckig, wie auf dem Lande, oder doch so angelegt werden, daß sich kein Raum darüber befand. Es ergab sich also zwischen dem Bauerngehöft und dem Kaufhofe der wesentliche Unterschied, daß die Hauptteile nicht mehr, wie dort getrennt, sondern im Zusammenhang errichtet waren, und daß die Gebäude mehrere Stockwerke besaßen. Endlich mußte man zur Befriedigung aller praktischen Bedürfnisse durch die ganze Tiefe des Hofes einen offenen Gang, die oben erwähnte Hofgasse, besitzen, um den Zugang zu allen Räumen zu vermitteln, und denjenigen Räumen, die weder nach dem Hafen noch nach der Seitengasse zu lagen, das nötige Licht zuzuführen.

Der Bergensche, wie der norwegische Kaufhof überhaupt, hat also vom Bauerngehöft ausgehend, allmählich ziemlich dieselbe Hauptanordnung erhalten, wie sie auch sonstwo im Mittelalter vorkam; doch mit gewissen Eigenheiten, weil hier stets Wohn-, Geschäfts- und Lagerräume vereinigt auftreten. Trotzdem der Kaufhof sich durch die Hofgasse in zwei gewöhnlich fast gleiche Teile schied, die nach der Brücke zu selbständig hervortraten, war ursprünglich das ganze Besitztum in einer Hand vereinigt. [8]) Jede der beiden Hälften umfaßte eine Anzahl Bauten mit vielen Räumen. Das unterste Geschoß enthielt in der Regel nur Lagerräume und weiter nach hinten zu — wenn vorhanden — die Keller, Gärungsräume für Bier usw.; ganz zuletzt schloß sich das Feuerhaus mit dem Klubhause an. Über dem untersten Stockwerk befanden sich noch zwei weitere Stockwerke, welche neben Lagerräumen die zu Wohn- und Geschäftszwecken dienenden Räume nebst den Gastkammern enthielten. Um zu allen diesen Räumen Zugang zu haben, wurde ein offener Laufgang angelegt, der vermittels Treppenanlagen mit der offenen Hofgasse in Verbindung stand. Außerdem waren höchst wahrscheinlich schon im Mittelalter oben in Dachhöhe Warenaufzüge angebracht.

Die Kaufhöfe haben im Laufe der Zeiten große Veränderungen über sich ergehen lassen müssen und weisen eine stark verstümmelte Gestalt auf. Die bloße Wiedergabe des augenblicklichen Befundes von einer oder mehreren dieser

7) Das norwegische Bauerngehöft (Gaard), nach dem auch die Kaufhöfe benannt worden sind, begriff und begreift vielfach noch in sich eine solche Anlage, welche außer den für die Wirtschaft notwendigen Bauten (Stallungen, Heuböden usw.) auch die erforderlichen Wohngebäude, als das Feuerhaus (Ildhuset), für die Zubereitung der Mahlzeiten, das zweistöckige Bodenhaus (Loftet), welches im Unterbau Raum für die Nahrungsmittel, im Oberteil an einem Laufgang aufgereiht, die Schlafräume (Kleven) nebst Kleiderkammern aufwies, und endlich das eingeschossige Wohnhaus. Letzteres enthielt nach Landesbrauch: das eigentliche Wohnzimmer (Stuen), ferner einen Vorraum, zu dessen Seite eine Kammer belegen, und über den letzteren beiden einen Bodenraum (Kleven), der durch eine volle Wand vom Wohnzimmer geschieden und am Giebel mit einer Luke versehen war. Die drei Anlagen waren selbständige Bauten und entweder in einer Reihe oder gruppiert aufgestellt. Was die Feuerstätte anlangt, deren Einrichtung im höchsten Grade für die Anlagen bestimmend war, so hat es in Norwegen durch das ganze Mittelalter bis zur neueren Zeit nur zwei Arten davon gegeben; entweder legte man sie wie beim Feuerhause offen mitten auf dem Fußboden an, und das war die einfachste, wohl auch älteste Anordnung, oder man baute, wie beim Wohnhause, einen Steinofen in der Zimmerecke, den sog. Rauchofen. Beide Anlagen entbehrten des Schornsteins, und der Rauch zog ab durch ein Rauchloch im Dache. Wo sich eine Feuerstätte befand, besaß der Raum keine andere Lichtquelle als eben dieses Rauchloch. Im übrigen legte man zur Erhellung der Wohnräume entweder Luken oder mit Häuten bespannte Holzrahmen in den Außenwänden an. Ferner ist zu erwähnen, daß die Treppen nie im Gebäudeinnern, sondern wie beim Bodenhause stets außerhalb und in Verbindung mit dem erwähnten Laufgang angelegt wurden. Endlich bestand eine Eigentümlichkeit des norwegischen Bauernhauses darin, daß die „Hauptmöbelstücke", so namentlich die Bettstellen stets als feste Bestandteile des Hauses eingebaut wurden. Alle diese Einzelheiten finden sich auch vor bei dem Kaufhofe an der Deutschbrücke. Diese Gehöfte dienten bei der Neuanlage der Städte zunächst zum Vorbilde, und es dürften in den Vorstädten wenigstens sich Beispiele ähnlicher Anlagen noch über das fünfzehnte Jahrhundert hinaus erhalten haben.

8) Schon im Stadtgesetz von 1276 ist vorausgesetzt, daß jede Hofhälfte ihren eigenen Besitzer habe.

Anlagen vermöchte daher nur ein völlig unverständliches Bild des ursprünglichen Zustandes, der hier in Betracht kommt, zu bieten. Es trifft sich daher glücklich, daß Ende der achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts, und zwar auf Veranlassung Nicolaysens, wenigstens eine Kaufhofsanlage fast noch in ihrer ursprünglichen Gestalt, wenn auch nur skizzenhaft, aufgenommen worden ist. Dies war der Kaufhof Dramshusen,[9]) der inzwischen einem Neubau hat weichen müssen. Jene Aufnahme ist auch darum besonders schätzenswert, weil sie, neben den Hauptbestandteilen einer Landstube, das einzige Beispiel einer der jetzt ganz verschwundenen Klub- und Feuerhausanlagen der Nachwelt erhalten hat. Auf dieser Aufnahme also mußte für den vorliegenden Zweck gefußt werden; daneben ergab sich, daß der benachbarte Kaufhof Finnegaard, der wiederum das einzige noch erhaltene Beispiel einer Seestube aufzuweisen hat, in seinen beiden Untergeschossen einigermaßen und mit einiger Sicherheit zeichnerisch auf seinen früheren Zustand gebracht werden konnte. Außerdem veranschaulichten die beiden Kaufhöfe zwei verschiedene Arten der Besitzaufteilung, indem bei ersterem die Verteilung der Räumlichkeiten unter die Handelsstuben sich ganz willkürlich über alle Gebäude und Geschosse erstreckte, während sie bei letzterem sich streng den Bauanlagen anschloß. Diese beiden Bauwerke werden daher als Beispiele der Anlage und Einrichtung der Kaufhöfe vorgeführt.

9) Die Aufnahme wurde bewirkt durch den Architekten P. Blix.

Die Abb. 6 bis 8 zeigen die Gesamtanlage der beiden Kaufhöfe vom Tore an der Övregade im Osten bis zum Vaag (Bucht) im Westen, mitsamt den dort befindlichen Seeschuppen und dem Wippbaum am Kai zum Aufhissen der Waren. Der nördliche Flügel beider Höfe zeigt gegenüber dem südlichen eine starke Verkürzung; der freie Raum daselbst dürfte früher mit den zu ersterem gehörigen Feuer- und Klubhäusern besetzt gewesen sein. Beim Finnegaard war auf dem freien Platz nachträglich ein Lagerhaus und ein Schuppen errichtet worden. Der Rest der Grundstücke aber war von eingezäunten Gärten eingenommen. Die Bauten der Höfe hatten, mit Ausschluß der niedrigen Anlagen, drei Geschosse (Abb. 9 u. 10). Zu beiden Seiten der Hofgasse er-

I. Stockwerk. a Hundehütte. b Sommerbett (nach Anderen Winterbett) des Handelsverwalters. c Sommereßzimmer des Vorgen. d Wandtisch. e Tellergestell. f Pale (Wortbedeutung unklar) enthielt senkrecht übereinander drei Abteilungen, unten links Biertonne (darüber Gläserbrett); rechts Wagebalken, im Mittelteil Tafelgeräte; Zweck der obersten Abteilung unbekannt. g Bierfaß. h Schlüsselschränkchen. i Waschbecken, darüber hängend Wasserkanne. k Tisch. l Bänke. m Gewichte. n Schrank (vierteilig, unten für Kleider, oben für die Geschäftsbücher eingerichtet). o Branntweinschränkchen. p Geheimtreppe zum Schlafzimmer des Handelsverwalters. q Kanzlei.

II. Stockwerk. a Gesellenbett. b Winterbett (nach Anderen Sommerbett). c Burschenbetten.

Abb. 4. Erstes Stockwerk. Abb. 5. Zweites Stockwerk.

Südliche Seestube des Finnegaard.
(Jetzt hanseatisches Museum).

a Bierkeller. b Seeschuppen. c Wippbaum.

Abb. 6. Erdgeschoß.

Abb. 7. Erstes Stockwerk.

Dramhusen Finnegaard

h Innenstube. i u. n Geschäftszimmer. k m u. q Kontor. l u. o Außenstube. p u. r Schlafzimmer.

Abb. 8. Zweites Stockwerk.

Die Kaufhöfe Dramshusen und Finnegaard.

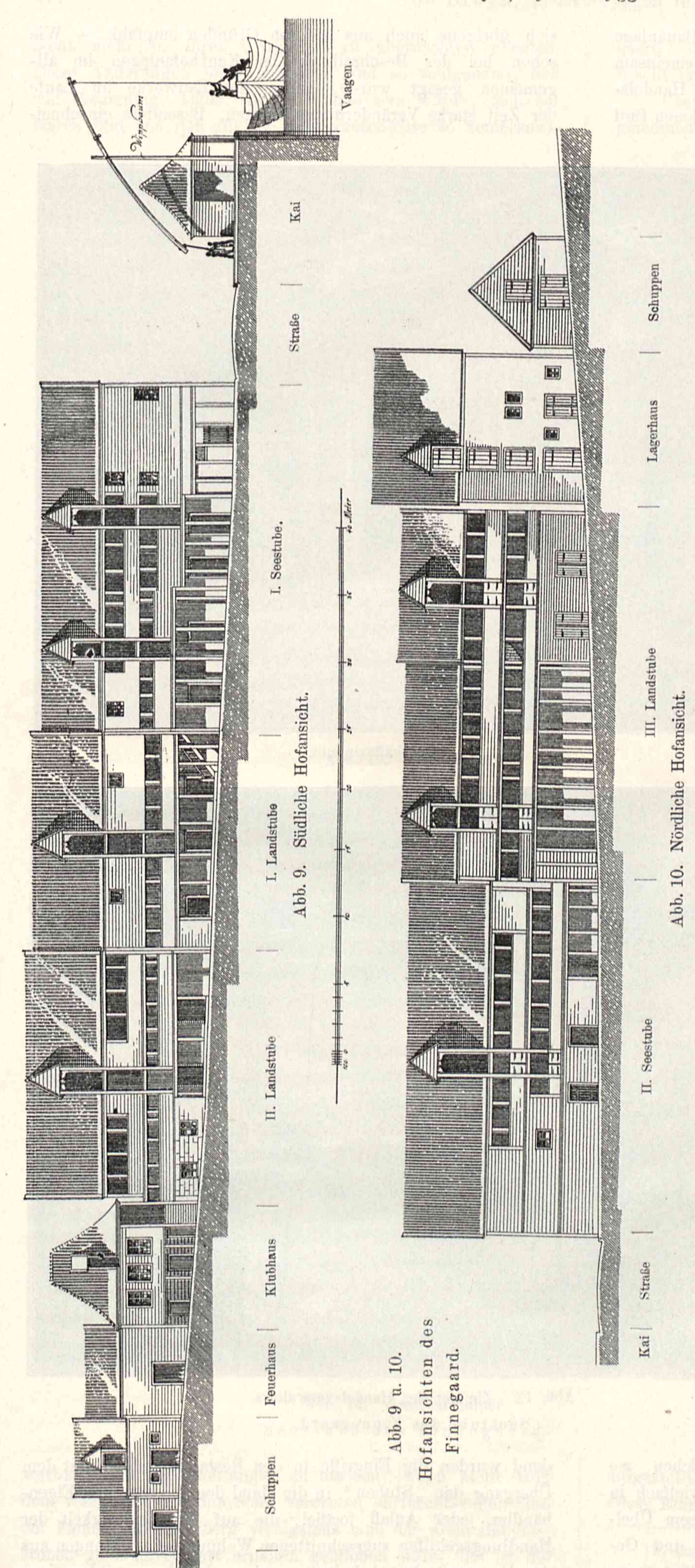


Abb. 9. Südliche Hofansicht.

Abb. 10. Nördliche Hofansicht.

Abb. 9 u. 10. Hofansichten des Finnegaard.

streckten sich an ihnen entlang Laufgänge mit ihren zugehörigen Treppen, hinter denen sich die Räume der Handelsstuben aneinanderreihten. Dies waren im Erdgeschoß ausschließlich Lagerräume (siehe die in den Grundrissen nicht mit Buchstaben bezeichneten Räume), denen nach Süden die sog. Taschen, niedrige Anbauten, vorgelegt waren, und ganz nach hinten zu das Klub- und Feuerhaus. Im ersten Stockwerk befanden sich neben den Lagerräumen Geschäfts-, Wohn- und Schlafräume; dasselbe war der Fall mit dem zweiten Stockwerk.

Der Hof Dramshusen enthielt zur damaligen Zeit vier Handelsstuben; da jede von ihnen Eigentum in beiden Hofhälften besaß, so waren zur Erleichterung des Verkehrs zwischen den verschiedenen Teilen im ersten und zweiten Stockwerk über die Hofgasse hinweg Laufbrücken angelegt. Im ganzen waren, wenn man die wenigen Verschläge in den Laufgängen außer Betracht läßt, im Erdgeschoß 30 abgeschlossene Räume vorhanden, davon vier Taschen und je einer das Klub- und das Feuerhaus. Das erste Stockwerk wies dagegen ebenso wie das zweite Stockwerk 34 umschlossene Räume auf, so daß der Hof ohne die Schuppen im ganzen 98 Räume oder „Huse" besaß. Hiervon waren für die vier Handelsstuben gemeinsam: im Erdgeschoß neun Räume und zwar das Feuerhaus und Klubhaus nebst dem Bierkeller (*a*) und sechs Lagerräume (Boder); ferner im ersten Stockwerk sieben Kammern; im zweiten Stockwerk sechs Kammern. Die übrigen Räume waren zwischen den vier Handelsstuben derart verteilt, daß sie umfaßten: die nicht bezeichneten Räume im Erdgeschoß samt den Taschen; ferner die nicht bezeichneten Lager im ersten und zweiten Stockwerk und endlich die Geschäftsstuben sowie Wohn- und Schlafräume. Von den drei letztgenannten gehörten wieder, wenn man die Handelsstuben der Reihe nach, wie sie von Westen nach Osten liegen, benennt: zur ersten Handelsstube im ersten Stockwerk die zwei Innenstuben (*h*), die zwei Geschäftszimmer (*i*) mit den Kontoren (*k*), die beiden Außenstuben (*l*) und im zweiten Stockwerk die sechs Schlafräume (*r*).[10]) Sodann gehören zur zweiten Handelsstube das Kontor (*m*), das Geschäftszimmer (*n*), die Außenstube (*o*) und das Schlafzimmer (*p*).[11]) Zur dritten Handelsstube gehören endlich die beiden Kontore (*q*). Über die etwaigen zur vierten Handelsstube gehörigen Wohn- und Geschäftsräume liegen keine Angaben vor. — Ganz einfach war dagegen die Verteilung des Besitztums unter die fünf Handels-

10) Es unterliegt keinem Zweifel, daß dies eine „Doppelstube" war, welche sich aus zwei früheren einfachen zusammensetzte.

11) Es ist dies das einzige Beispiel der Anordnung einer Landstube, von dem man noch Kunde hat.

stuben des Finnegaard; sie schloß sich eng an die Bauanlage und zwar derart an, daß abgesehen von den gemeinsam benutzten Räumen, der ganze Zubehör einer jeden Handelsstube je in einem der deutlich voneinander geschiedenen fünf Gebäude enthalten war. Die Gebäude sind, soweit das mit einiger Sicherheit geschehen konnte, in ihrer ursprünglichen Gestalt wiedergegeben; so ist u. a. ein neuzeitiger, verunstaltender südlicher Anbau weggelassen, und es sind an seiner Stelle die früheren Taschen dargestellt (vgl. die Abb. 2 unten rechts).

4. Anordnung und Einrichtung der Handelsstuben.

Das Eigentum oder die Handelsstube eines Kaufmannes enthielt in der Regel folgende Räume: Im Erdgeschoß: Lagerräume (Packboder) und den Hofraum; im ersten Stockwerk: die Außenstube (Ydrestuen), die Innenstube (Indrestuen), das Geschäftszimmer (Stuen) und den offenen Laufgang (Sval); im zweiten Stockwerk: das Schlafzimmer des Handelsverwalters (Husbondskleven), das Gesellenzimmer (Geselkleven), das Burschen- oder Jungenzimmer (Drengekleven); unter Umständen Gastzimmer (Setstuer), Lagerräume und den offenen Laufgang, ferner einen Dachboden, einen Keller und eine Speisekammer (meist unter dem Klubhause), einen Anteil am Klub- und Feuerhause sowie am Garten und endlich, ganz oder anteilweise, einen Wippbaum und Kaiplatz, einen Bootsplatz und Seeschuppen.

Bei den Handelsstuben unterscheidet man zwischen See- und Landstuben; erstere lagen unmittelbar an der Brücke, letztere waren zur Seite der schmalen Hofgassen an den offenen Laufgängen aufgereiht. Die Seestuben waren die besten und begehrtesten. Sie allein erfreuten sich bei weiträumigerer Anlage einer günstigen Zufuhr von Licht und Luft und standen in kurzer und bequemer Verbindung mit dem Hafen. Die Landstuben dagegen empfingen ihr Licht teils von der schmalen Hofgasse über den offenen Laufgang hinweg, teils von den noch schmaleren Seitengäßchen, wo solche überhaupt vorhanden, und waren daher vielfach in ein echt mittelalterliches Dunkel gehüllt. Um diesem Übelstand einigermaßen abzuhelfen, waren die Wohn- und Geschäftsräume stets in die oberen Stockwerke verlegt, was sich übrigens auch aus anderen Gründen empfahl. — Wie schon bei der Beschreibung der Kaufhofanlagen im allgemeinen gesagt wurde, haben die Bauwerke im Laufe der Zeit starke Veränderungen erlitten. Besonders einschneidend wurden die Eingriffe in den Bestand, seitdem mit dem Übergang der „Stuben“ in die Hand der eingeborenen Eigenhändler jeder Anlaß fortfiel, die auf die Ehelosigkeit der Handlungsgehilfen zugeschnittenen Wohnungseinrichtungen aus der Hansazeit beizubehalten; noch mehr aber, seitdem jene

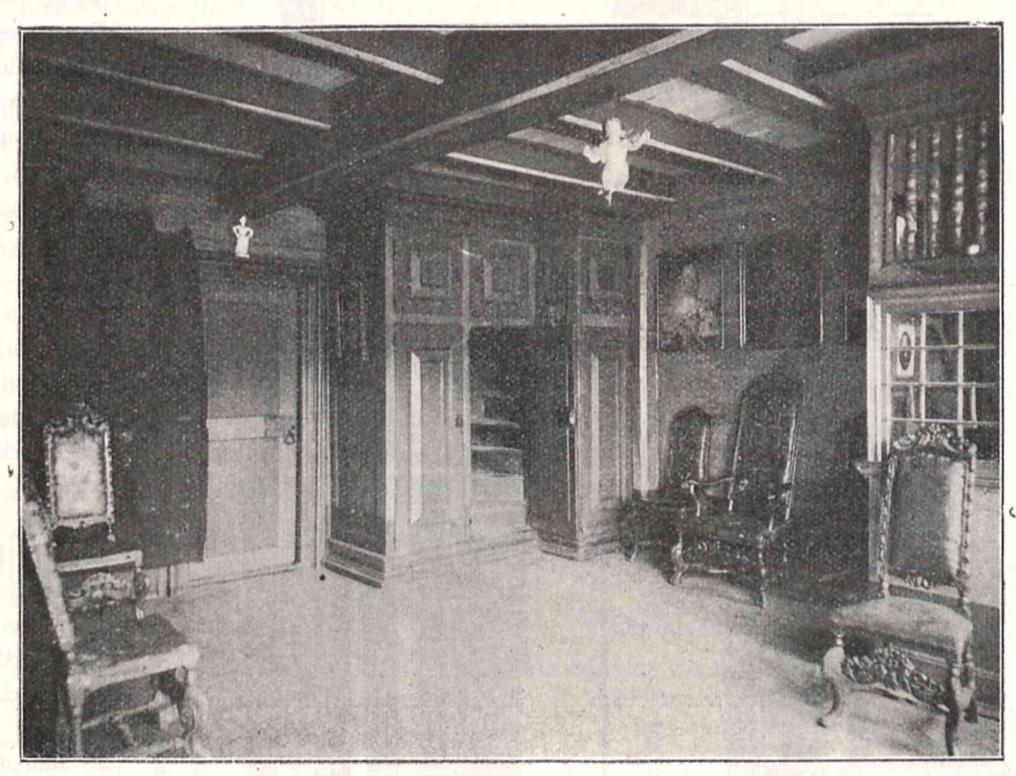


Abb. 11. Geschäftszimmer.



Abb. 12. Zimmer des Handelsverwalters. Seestube des Finnegaard.

nicht mehr in ihren „Stuben“ zu übernachten pflegten. Diese Änderungen und Umbauten sind so weitgehend, daß man heutzutage kaum noch imstande sein würde, sich ein klares Bild von den für die Kulturgeschichte so bemerkenswerten inneren Einrichtungen zu machen, wenn nicht dank dem vom Vater auf den Sohn vererbten ehrfurchtsvollen Sinn der Familie Koren-Viberg wenigstens eine der alten Handelsstuben ganz unversehrt erhalten geblieben wäre. Es ist die Seestube der südlichen noch bestehenden Hälfte des Finnegaard, in welcher das hanseatische Museum untergebracht ist.[12])



Abb. 13. Außenstube.



Abb. 14. Gesellenzimmer.
Seestube des Finnegaard.

Über ihre Anlage geben die Abb. 6 bis 8 im allgemeinen Auskunft; die Grundrisse (Abb. 4 u. 5) aber, deren Aufnahme in zuvorkommender Weise gestattet worden ist, zeigen in größerem Maßstab aufs genaueste die Einzelheiten der inneren Einrichtungen, von denen weiter die Abb. 11 bis 14 eine anschauliche Vorstellung geben. Die Geschoßtreppe der Seestube, am Eingang von der Brücke her ansetzend, führt zum offenen Laufgang im ersten Stockwerk empor, welches neben Lagerräumen die Geschäftsstube und einen Teil der Wohn- und Schlafräume enthält. Vom Treppenaustritt sich rückwärts wendend, hat man die nach der Straße zu, am Kopfende des Laufgangs belegene Außenstube vor sich. Dicht vor ihrer Eingangstür gewahrt man die Hütte (*a*), worin tagsüber der Hüter des Hauses angebunden lag. In der Außenstube, wo das Dienstvolk der Handelsstube während des Sommers seine freien Stunden zuzubringen pflegte und in späterer Zeit auch speiste, wurden die Handelsgeräte, als: Gewichte, Wiegebalken, Schlüssel usw., jedes Ding an seinem bestimmten Platze aufbewahrt; so finden sich für die Schlüssel und die Gewichte besondere eingebaute Schränkchen (*h* und *m*) vor, während die Wiegebalken und -schalen entweder auf Pflöcken an der Wand, oder in einer der beiden offenen Unterabteilungen der gleichfalls eingebauten „Pale“ (Wortbedeutung unbekannt) (*f*) lagerten. Letztere, ein im Aufbau dreiteiliger Schrank, mit vier verschließbaren oberen Gefachen und zwei offenen unteren Abteilungen, beherbergte unten neben den Wiegebalken und -schalen die Biertonne, in den oberen Abteilungen Speisevorräte und Tischgeräte. Der Eßtisch (*k*) ist, umgeben von rohen Sitzbänken (*l*), in die frei ausspringende Zimmerecke an der Fensterwand gerückt; zwischen ihm und der Pale ist, wie das bei einer jeden dieser Außenstuben der Fall war, eine mächtige flache Messingschale (*i*) mit darüber befindlichem Wasserkessel aufgestellt, hinter dem ein Rollhandtuch herabhängt (Abb. 13). Diese Einrichtung erinnert an einen Brauch, den man durchs

12) Das Verdienst der Familie Koren-Viberg ist in diesen Zeiten um so höher anzuschlagen, weil das Grundstück, auf welchem das Baudenkmal steht, eines der allerwertvollsten ist, ihr somit dauernd

ganze Mittelalter bis in die neuere Zeit verfolgen kann; man speiste nämlich damals, in Ermanglung von Gabeln, noch mit den Fingern, weshalb jeder, der auf Sauberkeit hielt, sich vor und nach dem Essen die Hände wusch. Von der Decke herab grüßen die Tranlampen, schmiedeeiserne Gebilde, von zwei bis drei flachen, quadratischen Schalen mit rundlich ausgebogenen Ecken für die Dochte, und hängen die ledernen Feuereimer, umgeben von den sogenannten Königsdorschen, dem Stolz der Kaufleute; dies waren solche Dorsche, die sich durch stark hervortretende Schuppen auszeichneten und deshalb in unversehrtem Zustande gedörrt und von den Nordländern dem Handelshause als Deckenschmuck verehrt wurden.[13]) Das an die Außenstube anstoßende Zimmer war der Hauptraum des Geschäftshauses (Abb. 11). Dort lag der Handelsverwalter den Geschäften ob und hatte seinen Platz in der kleinen durch Glasverschläge abgetrennten Kanzlei (*q*), an dem diesen Raum fast ausfüllenden Schreibpult. Von den beiden sonst noch eingebauten Schränken diente der eine (*n*) in seinen Unterabteilungen als Kleiderschrank, während er im Oberteil die Geschäftsbücher beherbergte; der andere Schrank (*o*) enthielt neben einer Abteilung für das Branntweintönnchen eine Geheimtreppe zum Schlafzimmer des Handelsverwalters. Vom Geschäftszimmer ging ein Glockenzug zur Glocke von der Eingangstür der Außenstube, die mit abgezählten Schlägen Gesellen und Burschen ins Geschäftszimmer rief. Jede Handelsstube besaß ihre eigene besonders abgestimmte Glocke. Hinter dem Geschäftszimmer liegt die Innenstube, welche zur Sommerzeit als Schlaf- und Eßzimmer des Handelsverwalters diente. Dieser enge Raum ist in zwei Abteilungen zerlegt, deren eine sein Sommerbett (*b*) (nach Anderen Winterbett) mit Luke nach dem offenen Laufgang enthält, während die andere, mit Wandbrettern und -gestellen für Tischgeräte versehen ist.

Das zweite Obergeschoß, zu dem eine Treppe vom offenen Laufgang emporführt, enthält die Schlafräume für den Handelsverwalter, die Gesellen und die Burschen. Das Zimmer des (Abb. 12) ersteren besitzt ein eingebautes, in das Burschenzimmer hineinspringendes Bett (*b*), sein Winterbett (nach Anderen Sommerbett), mit Tür nach ersterem Raum und Luke nach dem anstoßenden Burschenzimmer, durch welche das Bett bereitet, aber auch die Burschen beaufsichtigt werden konnten. Zum regelrechten Zubehör des Zimmers gehörten: ein Waschkessel, ein Feuerzeug, das Geschäftswappen, die Ochsenpeitsche und ein Brett mit den Gebetbüchern. Das Gesellenzimmer (Abb. 14) ist ähnlich, nur noch bescheidener eingerichtet. Das Burschenzimmer zwischen letzterem und dem Verwalterzimmer belegen, ist aufs einfachste beschaffen. Die Betten (*c*) darin sind gleichfalls eingebaut und zwar zu je zwei in zwei Reihen übereinander, gleich den Kojen auf den Schiffen; sie konnten mit Schiebetüren geschlossen werden, um in dem ungeheizten Raume bei großer Winterkälte darauf eingerichtet zu sein, möglichst wenig Körperwärme abgeben zu müssen; welcher Art in diesem Falle in den engen Gehäusen die Luft wurde, ist nicht schwierig sich vorzustellen.[14])

Gaststubeneinrichtungen sind nicht erhalten geblieben; diese Räume waren höchst einfach mit Bett, Sitzbank an der Wand, mit Waschkessel und Rollhandtüchern ausgestattet.

Über die Einrichtung der Landstuben steht nichts genaues fest; doch kann man nach den in Abb. 4 u. 5 gemachten Andeutungen annehmen, daß sie sich im wesentlichen nicht von den Seestuben unterschieden haben, jedoch beträchtlich einfacher ausgestattet waren.

5. Das Klub- und Feuerhaus.

Das Klubhaus (Schjøtsstuen) mit dem Feuerhause (Ildhuset) lag ganz am Ende der Gebäudereihen zu hinterst auf dem Hofe, schloß sich jedoch unmittelbar an jene an und war wohl oft, wie beim Finnegaard, in geschickter Ausnutzung des Geländes mit seinem Fußboden in die Höhe des ersten Stockwerkes der Bauten geschoben, woraus der doppelte Vorteil erwuchs, daß es mit den dort belegenen Wohn- und Geschäftsräumen in bequemer Verbindung stand und leicht unterkellert werden konnte. Seine Zweckbestimmung war, wie der Name schon andeutet, während der kältesten Jahreszeit, d. h. nach Bergenschem Brauche vom 11. November (Martinstag) bis zur Fastenzeit[15]) den Hofinsassen in ihren Mußestunden als Aufenthaltsort zu dienen; daneben wurde der Raum, je nach den Umständen, auch als Versammlungs- und Gerichtssaal, sowie als Bethaus benutzt. Früher besaß jede Hofhälfte ihr eigenes Klubhaus; später jedoch begnügte man sich, teils wegen des Niederganges des deutschen Handels, teils wegen der Feuersgefahr, mit nur einem Klubhause. Dies wurde durch eine Verordnung vom Jahre 1572 zur Regel gemacht. Nach dem Brande im Jahre 1702 vereinigten sich sogar zwei oder mehrere Kaufhöfe auf ein gemeinsames Klubhaus. Die Klubhäuser wurden ebenso wie die Feuerhäuser auf gemeinsame Kosten unterhalten und wurden während des Sommers geschlossen. Wegen der Beschaffenheit der Feuerstätte konnten diese Anlagen nur einstöckig gebaut werden; sie waren im übrigen ganz ähnlich eingerichtet wie das bäuerische Wohn- und Feuerhaus, also mit Rauchloch im Dache, welches zugleich als einzige Lichtquelle diente.

Diesem früheren Zustande gegenüber weist die aus der Zeit unmittelbar nach obigem Brande stammende Klubhausanlage des Kaufhofes Dramshusen (Abb. 15 bis 19), die einzige deren innere Einrichtung genau bekannt ist, wesentliche technische Fortschritte auf. Auch hier zeigt der Grundriß dieselbe Anordnung, wie sie beim alten Bauernhause vorkommt; ein Vorraum oder Flur, eine daran sich an-

ein beträchtlicher Gewinn dadurch entgeht, daß sie die Baustelle nicht ausnützt. Leider droht auch diesem Baudenkmal Gefahr, nachdem bereits die eine Hofhälfte der Bauspekulation zum Opfer gefallen ist; denn seine Hauptfassade springt etwa drei Meter vor die Flucht der bereits in der Ausführung begriffenen Neuanlagen an der Deutschbrücke vor. Es ist deshalb der Abbruch und Wiederaufbau dieser Seestube an anderer Stelle in Aussicht genommen, ein Verfahren, das tief zu beklagen wäre und das weder durch Gründe der Zweckmäßigkeit, noch durch Rücksichten architektonischer Art geboten erscheint; denn dem Verkehr an der Stelle kann dadurch zu seinem Rechte verholfen werden, daß man den Bürgersteig unter dem Gebäude hindurchführt, was ohne schwere Schädigung des Baudenkmales geschehen kann, und vom künstlerischen Standpunkt wohl zu begrüßen sein möchte, weil billigerweise ein solcher Veteran der Baukunst seinen Platz vor der Front der in Reih und Glied aufmarschierenden jüngeren Generation haben mag. Der stark verunstaltende neuzeitige Anbau auf der Südseite aber müßte beseitigt und an seiner Stelle die frühere Tasche wiederhergestellt werden.

13) Bei einzelnen Landstuben diente ein Teil des Laufganges als Außenstube.

14) Bei den einzelnen Handelsstuben schwankte die Zahl der Burschenbetten zwischen zwei und zehn.

15) Noch bis ins siebzehnte Jahrhundert hinein blieb das üblich; der Brauch soll auf dem Lande stellenweise sogar noch bis gegen Ende des vorigen Jahrhunderts bestanden haben.

schließende Kammer, hier zum Bierkeller eingerichtet, und ein großer an beide anstoßender Raum, stellen die Anlage dar. Der Rauchofen aber ist durch den viereckigen eisernen Beilagsofen ersetzt worden, der zwar gleichfalls noch ohne Schornstein angelegt, doch den Rauch fern hielt, weshalb denn der Raum, der auch Fenster besaß, durch eine den Dachraum ausschließende Decke wohnlicher gestaltet werden konnte. Die Ausstattung war die denkbar einfachste: die rohen Blockwandhölzer der Wände traten sichtbar hervor, der Fußboden war mit roten Sandsteinfließen belegt, und die Decke entsprach der gewöhnlichen Bauernhausdecke. An den Wänden entlang zogen sich Bänke hin, die durch Stollen mit hochhinaufgeführten Armlehnen derart zerlegt waren, daß auf jede der vier Handelsstuben des Hofes drei Abteilungen mit je zwei bis drei Sitzgelegenheiten kamen. Außerdem besaß jedes der Geschäftshäuser je eins der vier in Grundriß und Aufriß dargestellten Eckschränkchen, die zur Aufbewahrung von Tischgerät dienten; denn jede „Stube" besaß ihren eigenen Tisch mit eigener Verpflegung.

Abb. 15. Schnitt *e f*. Abb. 16. Längenschnitt. Abb. 17. Schnitt *c d*.

Abb. 18. Schnitt *a b*. Abb. 19. Grundriß.

Abb. 15 bis 19. Klub- und Feuerhaus des Kaufhauses Dramshusen.

An der Wand zwischen der Eingangstür und der Tür zum Bierkeller war ein kurzes Konsolgesims befestigt, unter welchem ein langes, schmales Rollhandtuch herabhing. Davor stand auf dem Fußboden, ähnlich, wie bei der oben beschriebenen Außenstube, ein großes eisernes Waschbecken, überragt von einem Wasserkessel an beweglichem Eisenarm. Zum festen Zubehör des Klubhauses gehörten ferner die Hauskrone, auch Hauskerze benannt, der Kannenstuhl (ein großer Tisch), ein Wasserfaß und der Steinlöwe auf dem Ofen. Letzterer stand ungefähr in der Mitte der dem Eingang gegenüberliegenden Wand, war nach dem Klubraume zu rauchdicht abgeschlossen und wurde vom Feuerhause her geheizt. Dicht neben ihm führte eine schmale Tür zu letzterem. Das Feuerhaus war die Küche des Kaufhofes und diente in früheren Zeiten auch als Speiseraum zur Sommerzeit, wurde jedoch später in dieser Zweckbestimmung von der Außenstube abgelöst. Auch hier war der Fußboden mit starken Steinplatten belegt, über denen in der Ecke des Raumes der Rand des Brunnens emporragte. Die Außenwände besaßen keine Fenster, sondern neben den notwendigen Türdurchbrechungen nur kleine Luftlöcher und einen kleinen Ausguck. Da weder ein Schornstein noch ein Rauchloch im Dache vorhanden war, so mußte der Rauch durch zufällige Lücken in der Dacheindeckung abziehen. Zwei Feuerstätten waren vorhanden. Die eine davon, ein offenes Herdfeuer, befand sich inmitten des Fußbodens an der Stelle, welche in den Schnitten durch sechs von einem Querbalken herabhängende verstellbare, zum Tragen der Kochgeschirre eingerichtete Hängeeisen (Skærdinger) bezeichnet ist; eine Anlage wie sie ähnlich bei den Feuerhäusern zu Voß im Hardanger angetroffen wird. Die Einrichtung der anderen Feuerstätte war merkwürdig. Der Feuerherd wurde dort eingehegt durch den eisernen Ofen, der vom Feuerhause her beschickt wurde und zu diesem Zwecke eine dem letzteren zugekehrte Einwurfsöffnung aufwies, oberhalb deren zum Abzuge des Rauches ein Rauchloch angelegt war. Der Beschickungsraum, welcher zweifellos gelegentlich — so bei großer Kälte — selbst auch als Feuerstätte gedient hat, war um die Glut besser zusammenzufassen und die Feuersgefahr zu vermindern, überwölbt und besaß ein bogenförmiges, diese Wölbung abschließendes Tympanum mit Löchern für den Rauchabzug. In einigem Abstand vor der Feuerstätte war eine große Steinplatte errichtet, deren Zweckbestimmung sich nicht mehr genau angeben läßt; möglicherweise war sie zum Schutze der beim Kochfeuer beschäftigten Personen aufgestellt.

6. Bauweise und Architektur.

Die Bauweise und Architektur der Bauwerke anlangend ist vorauszuschicken, daß in Norwegen das ganze Mittelalter hindurch der Steinbau fast nur bei kirchlichen Anlagen und selbst bei diesen durchaus nicht ausnahmslos zur Anwendung gelangte. Bei allen weltlichen Bauten, abgesehen von etwaigen Unterkellerungen dagegen, hat man sich ausschließlich auf den Holzbau angewiesen gesehen, was so weit ging, daß man sogar „Fundamente" in Holz hergestellt hat. Der sog. abgebundene Fachwerkbau mit Ausmauerung oder Bretterbekleidung dürfte jedoch als in jenem ganzen Zeitraum noch unbekannt anzusehen sein. Während einerseits bei Holzkirchenbauten das ursprünglich vom Auslande übernommene Stabwerk, bestehend aus lotrechten gefalzten Bohlwänden mit Rahmwerk von Stützen und Holmen, zu einer hohen Stufe der Vollendung gebracht wurde und einzigartige Kunstwerke schaffen half, wurde anderseits bei den weltlichen Bauten, so namentlich dem Bauernhaus, der Blockhausbau in einer Fülle reizvoller Schöpfungen weiter entwickelt und ausgebildet; daneben kam für untergeordnete Bauwerke der Pfostenbau mit Bretterbekleidung zur Anwen-

dung. Die Ölfarbe war damals noch unbekannt; zum Schutze des Holzes gebrauchte man ausschließlich den Teeranstrich, der u. a. bei den bestehenden Stabkirchen noch heutzutage angewandt, nicht wenig die wunderbar-stimmungsvolle Wirkung dieser Schöpfungen verstärken hilft. Man dürfte nicht fehlgehen, wenn man sich hiernach von den früheren Bauten an der Brücke eine Vorstellung bilden will. Auch die gegenwärtigen Bauten machen, obschon bereits der neueren Zeit angehörig, von der vorhin angegebenen Regel keine Ausnahme; auch sie sind als Blockhäuser errichtet, und zwar ist hierbei sowohl die rohere Bauweise mit Rundhölzern, als die feinere mit starken, durch die Axt oberflächlich geglätteten Bohlen zur Anwendung gelangt, die beide ursprünglich außen wie innen überall sichtbar hervortraten. Abgebundene Arbeit kommt nur bei den Laufgängen und den Dächern vor. Da nirgends mehr die im Mittelalter gebräuchlichen, ausdauernden, starken Holzabmessungen gewählt wurden, so hat sich nachträglich die Notwendigkeit herausgestellt, die Außenwände zum Schutze gegen Wind und Wetter mit Brettern zu verkleiden, die einen weißen Ölfarbenanstrich erhalten haben. Das ist zu Anfang des achtzehnten Jahrhunderts geschehen, und hierbei haben freilich die Bauten in ihrer äußeren Erscheinung gegen den ursprünglichen Zustand beträchtlich eingebüßt. Die Decken sind in einfachster Weise als sichtbare Balkendecken ausgebildet, die unmittelbar auf den Blockwänden aufruhen und hier und da durch Unterzüge versteift werden. Fußboden und Decke bestehen aus einer verhältnismäßig nur schwachen, aber dicht schließenden Bretterdielung. Die Dächer endlich sind einfache, ziemlich steile Pfannendächer, über deren Konstruktion und Eindeckungsart nichts besonderes zu sagen ist.[16]) Bemerkenswert dagegen ist die Gründung der Gebäude, die, wie bei Gelegenheit des Abbruchs der nördlichen Hälfte des Finnegaard sich feststellen ließ, mit einer Art von „Mauerwerk in Holz" bewirkt ist. Die „Grundmauern" nämlich, die tief in den nassen, aus Bergschutt und Schlamm bestehenden Untergrund hinabgeführt werden mußten, bestehen aus einem niedrigen, stark verbreiterten unteren und einem höheren und schmaleren oberen Absatz, welche beide abwechselnd aus einer Lage Langhölzer und einer Lage kurzer, quer gelegter Grubenhölzer hergestellt sind. Wenn hiernach die Bauten vom Grunde bis zum Firste lediglich in Holz errichtet sind, so bilden die Unterkellerungen hiervon, jedoch nicht überall, eine Ausnahme; bei letzteren kommen steinerne Umfassungswände vor, und es wurden wohl ihre Decken, um den Raum feuersicher zu gestalten, in der Weise hergestellt, daß man über den Deckenbalken starke Dielen und auf diesen wieder schwere Steinplatten verlegte.[17])

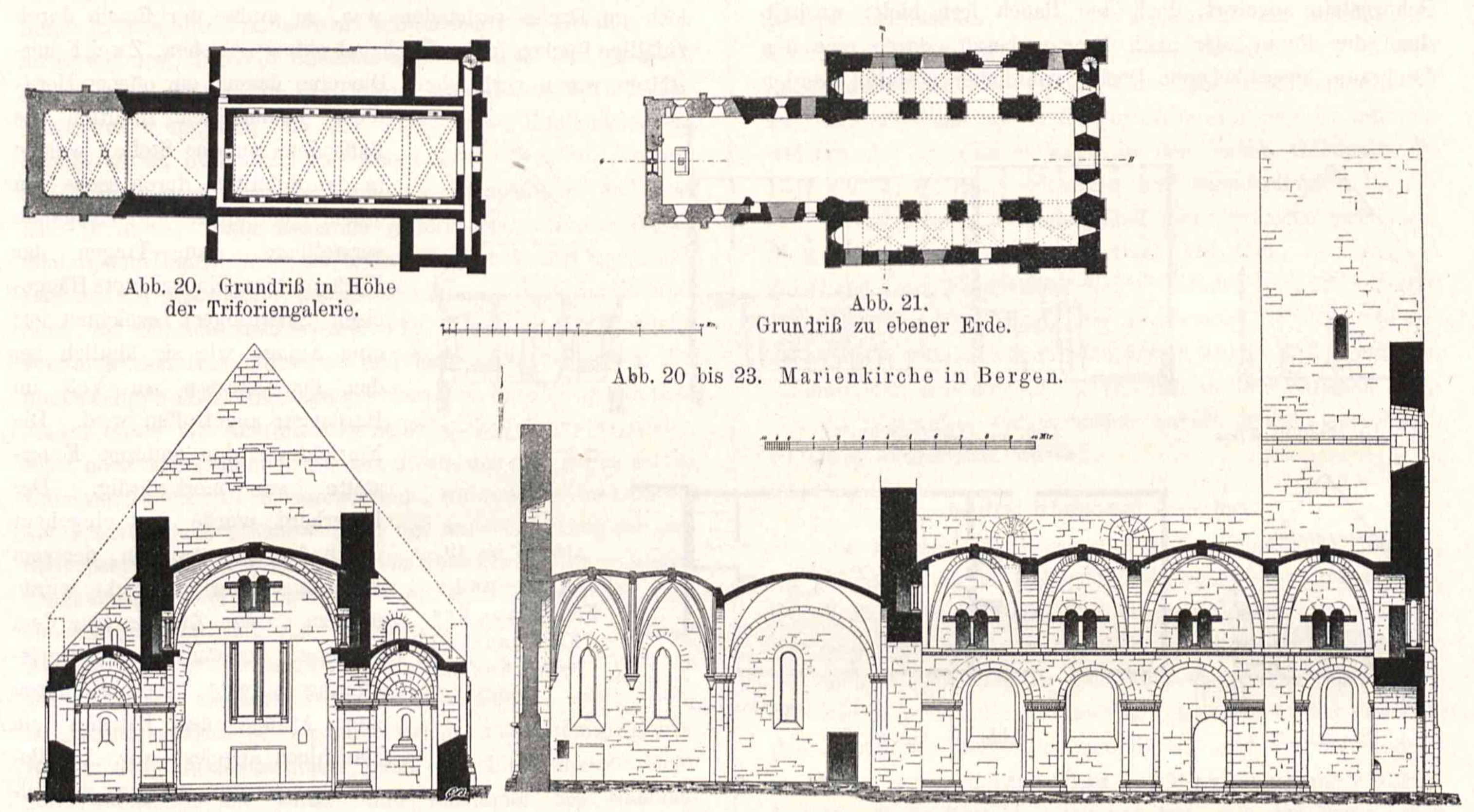


Abb. 20. Grundriß in Höhe der Triforiengalerie.

Abb. 21. Grundriß zu ebener Erde.

Abb. 20 bis 23. Marienkirche in Bergen.

Abb. 22. Schnitt *A B*.

Abb. 23. Längenschnitt *G H*.

Während die Bauten in den Grundrißanlagen, den Konstruktionen und den inneren Einrichtungen ein wesentlich nordisches Gepräge tragen, finden sich in der Architektur kaum schwache Anklänge an die nordische Kunst, und die Form, die beim älteren Bauernhause mit der Konstruktion aufs innigste verknüpft ist, ja gewissermaßen aus ihr herauswächst, erscheint hier als willkürliche, nachträgliche Zutat, die bloß äußerlich angeheftet ist. (Vgl. die angenagelten Gesimse, Türumrahmungen usw.) Überall stößt man auf die landläufigen Formen der späteren Renaissance und des

16) Die ursprünglichen Bauten besaßen das flachere norwegische „Torf-Moosdach", das noch heutzutage zur Anwendung gelangt. Seine Eindeckung wird in der Weise bewirkt, daß man über einer starken Bretterschalung eine Lage Birkenrinde als wasserdichte Schicht ausbreitet, die mit einer Packung von Torf und Erde bedeckt wird und eine Schutzdecke von Moosplaggen erhält; es ist dies eine ebenso billige als gute und dauerhafte Eindeckung.

17) Interessant mag sein, bei dieser Gelegenheit zu erfahren, daß eine Bergensche Bauerlaubnis aus dem Jahre 1334 eiserne Türen und eiserne Luken vorschreibt.

Barocks, die meist — namentlich im Innern der Gebäude — in seltsamem Gegensatz stehen zu dem derben urwüchsigen Gepräge des Blockhausbaues. Doch fehlt es nicht an einzelnen guten, ja wohlgelungenen Architekturstücken und Schnitzarbeiten; letztere sollen dem Bergenschen Museum einverleibt werden, womit schon der Anfang gemacht worden ist; auch ist zu bemerken, daß ein nicht geringer Teil jener Zierrate spätere Zutat sein dürfte, welche den stilgerechteren ursprünglichen Zustand meistens verdeckt. Nichtsdestoweniger gewähren die Bauten an der Brücke mit ihren spitzen Giebeln und den Schuppen davor nebst den alten Wippbäumen am Kai, einen ungemein malerischen Anblick.

Ein unbeschreiblich zauberhafter Reiz aber lag über den in ihrer einfachen und schmucklosen Ursprünglichkeit belassenen Innenhöfen ausgebreitet, der mit einem Hauche mittelalterlichen Geistes gemischt, den Beschauer unwillkürlich gefangen nahm. Der schmale Hof mit den bunten, langgestreckten, verschieden abgestuften Bauten, mit den offenen, schattig-dunkeln Laufgängen und den malerischen, nie fehlenden Aufziehluken, endlich mit seiner ehrwürdigen, von Dacheshöhe herabschwebenden Laterne und den Feuerlöschgeräten an den Wänden, bot einen Anblick dar, dessen außerordentlich stimmungsvolle Wirkung noch gesteigert wurde durch das gewaltige, den Hintergrund bildende Bergmassiv mit seinen mannigfach übereinander weggeschobenen Berggassen und Straßen. Läßt man in dieser geschichtlich so hochbedeutsamen Umgebung die in Menge sich drängenden Gestalten der rüstigen Handelsverwalter mit ihren geschäftigen Gesellen und Burschen im Geiste wieder auferstehen, so hat man ein Gemälde vor sich von einer Eigenart, dem in heutiger Zeit nicht manches Ähnliche zur Seite gesetzt werden darf.[18])



Abb. 24. Marienkirche in Bergen.

Viel wirkungsvoller aber müssen diese Eindrücke in früherer Zeit gewesen sein, wo die Bauten ohne die verunstaltende Bretterbekleidung und im Schmuck ihrer bunten Bemalung dastanden. Unter der Bretterschalung des Finnegaard kann man die Reste jener alten Bemalung noch erkennen; auf den rotgetönten Blockwänden der Außenansichten war mit dunkler Farbe, in kühnen, großen Zügen, ein reich mit Blättern und Blumen verziertes Rankenwerk aufgemalt, zwischen dem die kleinen Fenster mit ihren bleigefaßten Rautenverglasungen hervorlugten. Ähnlich war auch die Behandlung der Wandflächen bei den Hofansichten und den offenen Laufgängen; überall zeigen sich Reste und Spuren von Leimfarbenbemalungen, die übrigens auch oft bei Türen und Schränken Anwendung gefunden haben. Rot und Gelb herrschten hierbei vor; Weiß wurde nur an besonders dunklen Stellen, oder wo die Wandflächen buntere Bemalung erhielten, angewandt, und in Weiß und Rot spielte die Bemalung der sichtbaren Holzteile der Dächer.

Als Beispiel der Bemalung von Innenräumen mag hier die Seestube des Finnegaard angeführt werden, die vermutlich nach dem Muster der früheren Leimfarbenbemalung zu späterer Zeit in Ölfarbe ausgeführt worden und noch erhalten ist. Diese Bemalung wirkt bei aller Derbheit und Einfachheit sehr stimmungsvoll. So erscheinen z. B. die Wände des Geschäftszimmers in blaugrünem, meerfarbenem Anstrich; dabei zeigen die Fußleisten einen bräunlichen Ockerton und der obere Wandabschluß das hanseatische Rot mit weiß abgesetzten Profilen. Die Decken sind weiß gestrichen, die Balken rot bei weiß abgesetzten Profilen. Von den Wandflächen heben sich die Türbekleidungen mit ihrem leuchtenden Zinnoberrot kraftvoll ab und umrahmen Türen mit Füllungen in hanseatischem Rot bei olivengrünem Rahmenwerk. In einem anderen Fall gibt Olivengrün den Grundton für die Farbenzusammensetzung an.

Es erübrigt an dieser Stelle noch der Rolle zu gedenken, welche das deutsche Bauhandwerk bei der Herstellung dieser Bauten gespielt hat; ohne der Sache weiter nachzuforschen, wird man nach vorstehenden Darlegungen annehmen müssen, daß diese Rolle wohl nur untergeordneter Natur gewesen ist, und daß eine selbständige Betätigung deutscher Handwerker nur in sehr beschränktem Maße sattgefunden haben kann.

7. Kirchen des Kontors.

Zum Kontor gehörten zwei Gotteshäuser, in welche die Kaufhöfe eingepfarrt waren; es sind dies die Marienkirche, welche, einst von den Hanseaten „Unsere Frauenkirche“ genannt, noch besteht, und die Martinikirche, welch letztere beim Brande des Jahres 1702 zerstört worden ist. Die Marienkirche (Abb. 20 bis 24) wird zuerst im Jahre 1183 genannt und ist das älteste und zugleich schönste noch erhaltene Baudenkmal Bergens. Es ist ein von Nordwest nach Südost gerichteter, doppeltürmiger, in allen Teilen überwölbter Basilikalbau normännisch-romanischen Stils und mit seiner Doppelturmanlage eine Seltenheit in Norwegen.[19]) Die schlanken Türme besaßen früher an Stelle der Zeltdächer einen oberen Abschluß von Giebeln und Satteldächern, wie nach einem Kupferstich von Bergen aus dem letzten Viertel des sechzehnten Jahrhunderts anzunehmen ist. Im übrigen ist das Äußere der Kirche, bis auf die mit Lisenen und Bogenfries geschmückten Seitenschiffe und das berühmte Westportal, sehr einfach und war durch eine un-

18) Die Freie- und Hansastadt Lübeck hat für ihre „Bergenstube“ eine große Anzahl Lichtbildaufnahmen dieser Höfe bewerkstelligen lassen.

19) Eine ziemlich gründliche Aufnahme der Kirche ist im Jahre 1897 in Kristiania bei Nicolaysen in dem Werke „Kunst og Haandvaerk fra Norges Fortid“ veröffentlicht worden. Die Abbildungen 20 bis 23 sind dort entnommen.

vernünftige neuzeitige „Wiederherstellung“ stark verunstaltet worden. Der bei jener Gelegenheit aufgebrachte Kalkverputz der Außenansichten ist im Jahre 1867 bis auf die häßlichen neuzeitigen Putzgesimse beseitigt worden, so daß die schönen Werksteinflächen wieder sichtbar hervortreten. Ihren reichsten Schmuck besitzen die Außenansichten in dem vermutlich nachträglich angelegten Westportal mit seiner normännischen Bildhauerarbeit. Leider hat dieses Prachtstück nordischer Kunst durch Verwitterung starken Schaden, stellenweise bis zur Unkenntlichkeit erlitten und bedarf daher, wenn es nicht unwiederbringlich zugrunde gehen soll, bald und dringend der Wiederherstellung. Der Baustoff der Ansichtsflächen besteht vorwiegend aus dem in Skandinavien vielfach verwendeten und in Norwegen heimischen Kleberstein (Fett- oder Speckstein), der nach der Bearbeitung in der freien Luft einen anmutigen, standhaltenden silbergrauen Farbton annimmt und von ähnlicher Weiche und Wetterbeständigkeit ist wie der rheinische Tuffstein.

Das Kirchenschiff ist dreiachsig angelegt und erhält durch die in gleicher Höhe mit den Mittelschiffsgewölben ausgeführten Turmgewölbe noch den Zuwachs einer vierten Achse. Die Kreuzgewölbe des Hauptschiffes setzen mit ihren plumpen Gurten und Graten unregelmäßig oberhalb des die Wand über den mächtigen Pfeilern abschließenden Gesimses an und sind in Lichtgadenhöhe von einer rings herumlaufenden Triforiengalerie umgeben, deren Außenfenster im siebzehnten Jahrhundert zugemauert wurden. Diese Gewölbe dürften erst nach dem Brande des Jahres 1198, und zwar der größeren Feuersicherheit wegen, ausgeführt worden sein. Vorher wurde der Raum von einem offenen Dachstuhl überdeckt, dessen Gespärre, wie aus Spuren zu erkennen ist, ein wenig vor die Außenmauern vortrat. Ein quadratisches Chorgewölbe, wahrscheinlich mit runder Apsis, schloß früher den Kirchenraum östlich ab. Nach dem Brande des Jahres 1248 wurde unter Beseitigung der Chorapsis und Verlängerung der seitlichen Umfassungswände, dem Chor ein Anbau in englischer Gotik, mit zwei schmalen Gewölbeachsen hinzugefügt, der manche schöne Einzelheiten, darunter namentlich reizende Gewölbeschlußsteine aufzuweisen hat. Im Jahre 1575 wurde an dem nordwestlichen Pfeiler des Chorbogens noch in mittelalterlicher Weise eine kleine Renaissanceorgel, damals eine Neuheit in Norwegen, auf einer Art Galerie eingebaut. Den beachtenswerten Altarschrein erhielt die Kirche höchst wahrscheinlich zum Schlusse des fünfzehnten Jahrhunderts.

Die Hanseaten hatten sich der Kirche im Jahre 1408 bemächtigt und sie später nach den Anforderungen des Kontors eingerichtet. Am Turmeingang wurde ein Platz für die Burschen die „Jungenstade“ eingerichtet; im Hauptschiff reihten sich daran die reich ausgestatteten Verwaltergestühle „Husbondsstolene“ der einzelnen Kaufhöfe mit den zugehörigen Grüften unterhalb des Kirchenfußbodens. Jahrhunderte hindurch flossen der Kirche die reichen Gaben der Kaufleute zu, die Wände schmückten sich mit Gemälden und Bildnissen; schwere Messingkronen hingen von den Gewölben des Langschiffes und des Chors herab, wertvolle Altar- und Kirchengeräte, zahlreiche Altarbilder, Schränke, Paneele und Epitaphien erfüllten den Raum derart, daß er mehr den Eindruck einer Kunstsammlung oder eines Museums als einer Kirche gemacht haben soll. Das alles ist bis auf Altar und Kanzel, sowie einige andere Einzelheiten, im Laufe der sechziger und siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts verschwunden. Ein Teil davon wanderte auf den Kirchenboden, ein anderer in Bergens Museum, der Rest, namentlich das Silbergeräte, wurde versteigert. Das Wort Gottes aber in deutscher Sprache ist an dieser geschichtlich so denkwürdigen Stelle bis zum Jahre 1870 verkündet worden.

Der Marienkirche gegenüber spielte die Martinskirche nur eine untergeordnete Rolle. Sie lag in der Övregade gegenüber den Kaufhöfen Finnegaard und Dramshusen und muß schon vor dem Jahre 1274 bestanden haben. Nach einem noch erhaltenen Handriß war sie ursprünglich ein einfacher, dreiachsiger romanischer Bau mit massiven Umfassungswänden und offenem Dachstuhl, dem später ein gewölbter gotischer Chor angefügt und in der Renaissancezeit ein Dachreiter aufgesetzt wurde. Sie ist durch den Brand des Jahres 1702 zerstört und nicht wieder aufgebaut worden.

Außer den beiden Kirchen gehörten den Hanseaten in Bergen nur noch zwei Bauwerke und zwar das St. Martini-Armenhaus, welches im Jahre 1640 abbrannte, und das St. Katharina-Armenhaus. Ersteres wurde nach dem Brande nicht wieder aufgebaut; letzteres war ursprünglich als Hospital benutzt worden und kam viel später als die Kirchen in den Besitz der Hanseaten; es ist jetzt vollständig umgebaut und dient als Versammlungshaus für Bergens Enthaltsamkeitsverein.

Die Stunde der deutschen Brücke hat nunmehr geschlagen; ein Teil der dem Finnegaard zunächst belegenen Kaufhöfe mitsamt der nördlichen Hälfte des genannten Hofes ist bereits gefallen, um neuzeitigen Anlagen Platz zu machen; auch dem Reste der Bauten dürfte kein langes Dasein mehr beschieden sein. Die Gegenwart mit ihren gewaltigen Fortschritten in Industrie und Technik, das neuzeitige Leben mit seinen mannigfach gesteigerten Anforderungen und die anders gearteten Formen, die Handel und Wandel bereits seit Jahrhunderten angenommen haben, verlangen hier wie überall gebieterisch ihre Rechte. Demgegenüber wiegt das liebevolle Interesse, welches die gebildete Welt der Neuzeit den Denkmälern der Kunst und Geschichte entgegenbringt, nur allzu leicht auf der Wage, deren Zünglein nach der Seite des gewichtigeren Vorteils auszuschlagen liebt. Wie lange noch und von der alten berühmten Deutschbrücke wird nur mehr der Name bestehen, der im Laufe der Zeiten oft genug zum leeren Schall wird. Möge wenigstens in diesem Fall jenes Dichterwort:

> „Das Alte stürzt, es ändert sich die Zeit,
> und neues Leben sproßt aus den Ruinen“

Geltung haben, und die „Tydskebrygge“ auch in alle Zukunft Bergens schönstes und bemerkenswertestes Bauviertel bleiben.

Kopenhagen. de Bruyn, Regierungs- und Baurat.

Zwei Schöpfungen des Simon Louis du Ry aus den Schlössern „Wilhelmstal und Wilhelmshöhe“ bei Kassel.*)

Vom Diplomingenieur Hermann Phleps in Danzig.

(Mit Abbildungen auf Blatt 27 bis 30 im Atlas.)

Simon Louis du Rys Familiengeschichte und Studienjahre. [1])

Simon Louis du Ry (1726 bis 1799) gehört einer alten Architektenfamilie an. Sein Großvater Paul du Ry (1640 bis 1714), ein von Paris nach den Niederlanden ausgewanderter Hugenotte, war auf Empfehlung Wilhelms von Oranien vom Landgrafen Karl von Hessen (1670 bis 1730) nach Kassel

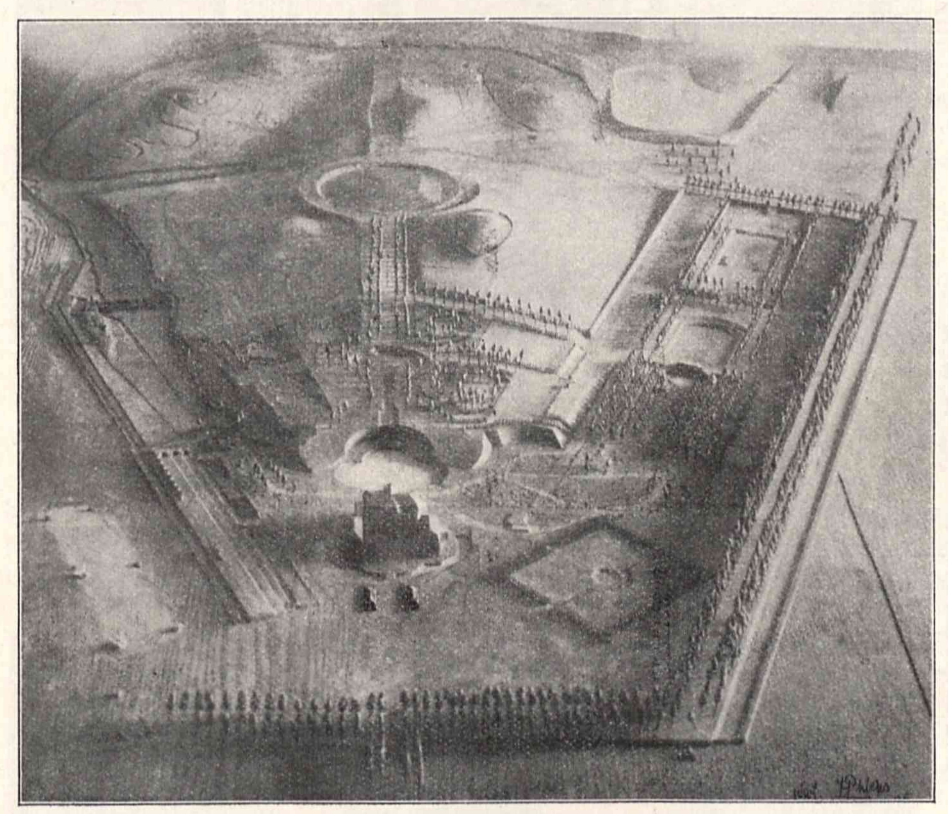


Abb. 1. Schloß Wilhelmstal. Gartenmodell.

berufen worden. Als Hofbaumeister und Oberleiter des Ingenieurwesens legte er die französische Neustadt mit den Festungswerken an, entwarf den Plan der Stadt Karlshafen und baute u. a. die französische Kirche und die Orangerie. Der Vater, Charles du Ry (1692 bis 1757), Obermeister in fürstlichen Diensten, baute die lutherische Kirche, die Gemäldegalerie, dann die Kavalierhäuser und die Wasserkunst des Schlosses Wilhelmstal.

Simon Louis du Ry erhielt seinen ersten Unterricht am Kollegium Karolinum in Kassel. Der Statthalter, spätere Landgraf Wilhelm VIII., sorgte für eine sorgfältige Ausbildung des jungen Künstlers. Im Jahre 1746 schickte er ihn zu seinem Königlichen Bruder Friedrich I. nach Stockholm. Bei dem von Horlemann geleiteten Schloßbau sollte er Gelegenheit finden, sich in der Baukunst auszubilden. Horlemann aber schenkte ihm wenig Aufmerksamkeit. Hingegen fand er einen einflußreichen Lehrer und Ratgeber in dem französischen Maler Tarraval, der ihn besonders auf malerischem und ornamentalem Gebiete günstig beeinflußte.

Da seine Erwartungen, eingehende architektonische Studien treiben zu können, nicht erfüllt wurden, verließ er Stockholm und ging auf Anraten Tarravals im August 1746 nach Paris. Hier wurde er Schüler an der Architekturschule des jüngeren Blondel. Mit großem Eifer studierte er den Aufbau und die Einzelheiten fertiger Bauwerke. Bei seinen Arbeiten zeichnete er, wie er seinem Vater berichtete, auch fleißig die Profile der Türbekleidungen, der Fenster, Kamine usw. Die ersten Erfolge der dortigen Erziehung machten sich zunächst auf dem Gebiete der Dekoration bemerkbar.

Blondel schreibt am 19. Dezember an Charles du Ry (Gerland S. 59): „Ich bin sehr zufrieden mit den Fortschritten Ihres lieben Herrn Sohnes, den ich in Wahrheit hochschätze und den zum Schüler gehabt zu haben ich mir zur Ehre anrechne. Bis jetzt hat er sich lebhaft der Mathematik, dem Zeichnen von Figuren und dem Ornament gewidmet, worin er, und das namentlich in den letzten beiden Richtungen, genügend schnelle Fortschritte gemacht hat.“

Nachdem er die Schule Blondels durchgemacht und sich bei ihm besonders in Raumverteilung und Dekoration gründliche Kenntnisse erworben hatte, reiste er im Juli 1752 von Paris ab. Auf Wunsch des Landgrafen nahm er seinen Weg über Holland. Im Mai des nächsten Jahres ging er — als ein Schüler Blondels ein eifriger Anhänger der Alten —

---

1) „Paul, Charles und Simon Louis du Ry“ von Paul Gerland.

*) Quellenverzeichnis: 1. v. Apell, Kassel und die umliegende Gegend. Zweite Auflage 1797.

2. L'Architecture. A la Mode on sont les nouveaux dessins pour la Décoration des bâtiments et Jardins. Paris chez N. Langlois.

3. Blondel, Jacques François. De la Distribution des maisons de plaisance et de la décoration des édifices en général.

4. Briseux, L'art de bâtir. Paris 1761.

5. Ebe, Die Spätrenaissance. Band 2. Berlin 1866.

6. Gerland, Paul, Charles und Simon Louis du Ry. Eine Künstlerfamilie der Barockzeit. Stuttgart 1895.

7. Gurlitt, Geschichte des Barockstiles, des Rococo und des Klassizismus in Belgien, Holland, Frankreich, England. Stuttgart 1888, und: Geschichte des Barockstiles und des Rokoko in Deutschland. Stuttgart 1889.

8. Hirt, Georg, Das deutsche Zimmer. (Vierte Auflage. München 1899.)

9. Justi, Winckelmann und seine Zeitgenossen. (Zweite Auflage. Leipzig 1898.)

10. Knackfuß, Deutsche Kunstgeschichte. (II. Band. Bielefeld und Leipzig 1888.)

11. Lübke, Geschichte der Architektur von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. 6. Auflage. Leipzig 1884 bis 1886.

12. Mauch, Die architektonischen Ordnungen der Griechen und Römer. Berlin 1875.

13. Schmincke, Friedrich Christoph, Versuch einer genauen und umständlichen Beschreibung der hochfürstlich-hessischen Residenz- und Hauptstadt Kassel. Kassel 1767.

14. Schumann, Paul, Dr., Barock und Rokoko. Leipzig 1885.

15. Semper, Der Stil. (2. Band. 2. Auflage, 1879.)

16. v. Zahn, A., Barock, Rokoko und Zopf. Zeitschrift für bildende Kunst, Jahrgang 1873.

Abb. 2. Ansicht des linken Flügels (Kavalierhaus) und Schnitt durch den Mittelbau.

Abb. 3 u. 4. Lageplan und Dachgeschoß.

Abb. 5. Obergeschoß.

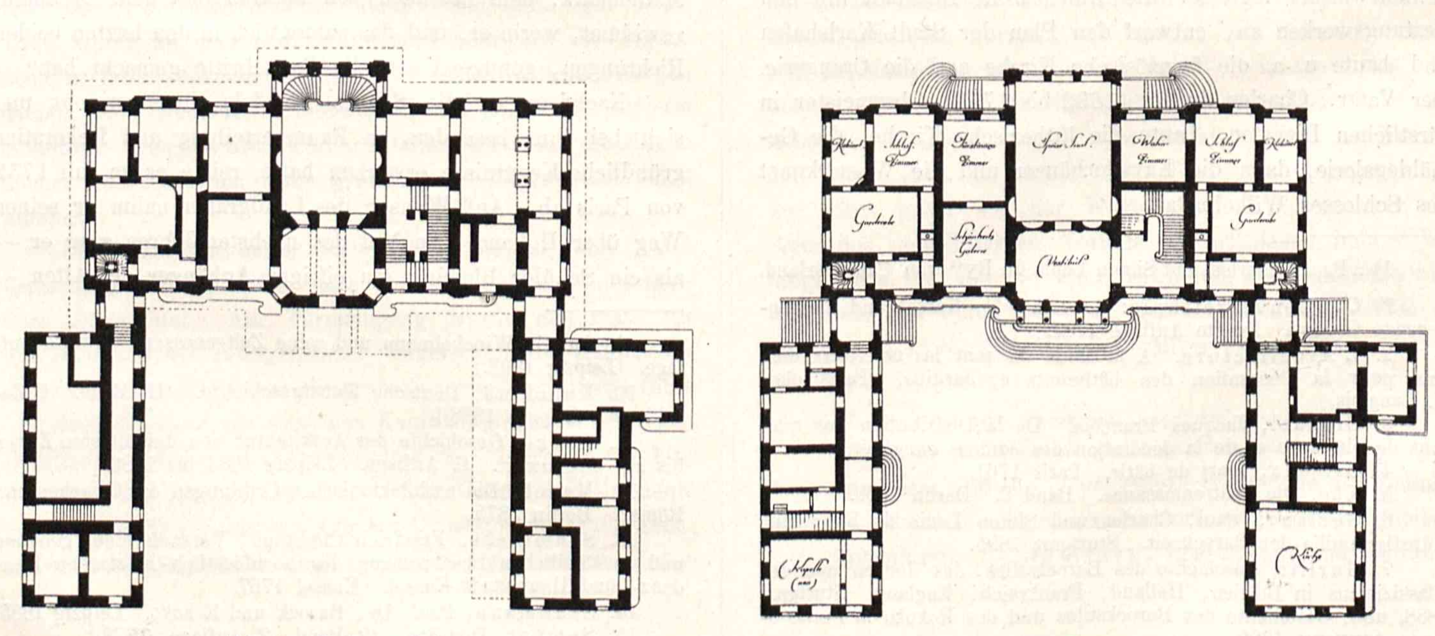


Abb. 6. Untergeschoß.

Abb. 7. Erdgeschoß.

Abb. 2 bis 7. Schloß Wilhelmstal.

nach Italien. Er besuchte Florenz, Rom, Neapel und Herkulanum. Im Juni 1756 kehrte er nach Kassel zurück, und nun begann seine reiche Tätigkeit, welche dieser Residenz so bedeutende Bauwerke geschaffen hat.



Abb. 8. Schloß Wilhelmstal. Gartenansicht.

Schloß Wilhelmstal.

Geschichtliches. Im Jahre der Vollendung des Schlosses (1767) gibt F. Ch. Schmincke seinen „Versuch einer genauen und umständlichen Beschreibung der hochfürstlich-hessischen Residenz und Hauptstadt Kassel" heraus.

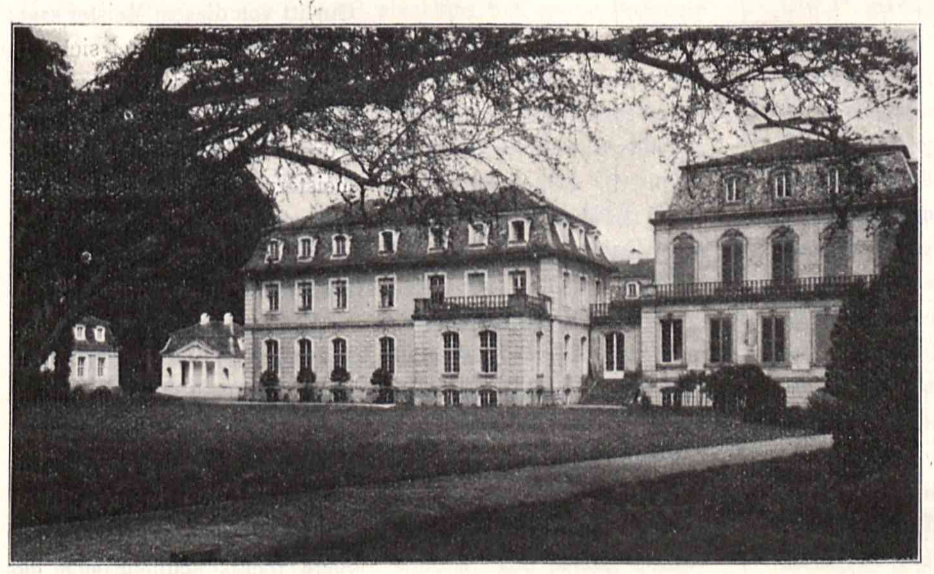


Abb. 9. Schloß Wilhelmstal. Seitenansicht.

Über die Geschichte des Bauplatzes und des Schloßbaues berichtet er eingehend. Er teilt uns mit, daß der Platz in früheren Zeiten den Namen Amelgotzen, Amelgodessen geführt hat. Im Jahre 1338 kaufte Landgraf Heinrich II. vom Abte Reinhold und dem Konvente zu Helwerdishusen Amelgodessen an. Die Landgräfin Amelie Elisabeth erwarb das Gut im Jahre 1643 von denen v. Schachten. Von nun an führte es den Namen Amönethal, gemeiniglich Amelienthal. Landgraf Wilhelm VIII., der an Stelle des alten Hauses das heutige Schloß aufführen ließ, gab ihm den Namen Wilhelmstal. Schmincke macht uns auch mit dem lateinischen und deutschen Text der auf eine Kupferplatte geschriebenen und im Grundstein eingeschlossenen Bauurkunde bekannt.

Sie lautet (Schmincke S. 428): „Wilhelm VIII. Landgraf zu Hessen, Fürst zu Hersfeld, Graf zu Catzenelnbogen, Dietz, Ziegenhain, Nidda-Schaumburg und Hanau usw. trugen hohes Gefallen diese vormals Amelgotzen nachher Amelienthal genannte Gegend herrlicher anzubauen, den Garten zu erweitern, denselben mit der Grotte, denen chinesischen Häusern und der Colonade auszuziehren, die kostbare Wasserleitung anzulegen, die herrschaftliche und andere Wohngebäude von neuem aufzuführen, und nachdem beide Flügel zu Stande gebracht, das auf diesem Platz gestandene Haus einzureißen, zu dem neuen Hauptgebäude den Grundstein und zugleich dem Ort den Namen Wilhelmsthal beizulegen. So geschehen den 28. May, im Jahre nach Christi Geburt 1753."

Schmincke erwähnt noch, daß die Flügelbauten und die untersten und obersten Zimmer des Schlosses (gemeint sind wohl Erd- und Dachgeschoß) Wilhelm VIII. ausgebaut habe. Das erste Stockwerk sei unter Friedrich II. im Jahre 1767 völlig zustande gebracht worden.

Die Anlage des Schlosses (Text-Abb. 2 bis 7), das noch heute von einer wunderbaren Parkanlage umgeben ist, zeigt das französische Vorbild und mahnt überzeugend an Blondel (d. J.). Sein Schema, ein Hauptbau und zwei in rechtem Winkel anschließende Nebenbauten, ist hier strenge befolgt. Im Schlosse befindet sich ein Holzmodell (Text-Abb. 1) des ganzen Planes. Wir können ziemlich sicher annehmen, daß dieses in der Zeit der Errichtung des Mittelbaues angefertigt worden ist. Die Gartenanlage entspricht, wenn wir die kleinen Lustbauten außer acht lassen, genau der Beschreibung Schminckes. Die heutigen Überreste stimmen ebenfalls mit dem Vorbild überein. Auf dem Modell ist der Cour d'honneur mit Wassergräben eingeschlossen, ein damals in Frankreich wie in England sehr beliebtes Motiv. Die beiden Wachhäuschen sind auf dem Modell noch nicht vorhanden. (In Text-Abb. 1 vom Verfasser hineinretuschiert.) Diese entstammen, wie wir aus ihrer reiferen klassizistischen Architektur sehen können, einer späteren Zeit.

Die Kavalierhäuser (Text-Abb. 2 bis 9 und Abb. 3 bis 5 Bl. 27) hat Charles du Ry gebaut. Zur richtigen Beurteilung des Hauptbaues müssen wir sie einer kurzen Erläuterung unterziehen. Zunächst wollen wir, da die schriftliche Überlieferung die Reihenfolge des Entstehens der beiden äußerlich gleichartigen Flügelbauten nicht genau angibt, diese Frage architektonisch zu lösen versuchen. Aus der Anlage des Kellergeschosses (Text-Abb. 6) können wir die nötigen Anhaltspunkte feststellen. Hiernach muß der nördliche, linke Flügel

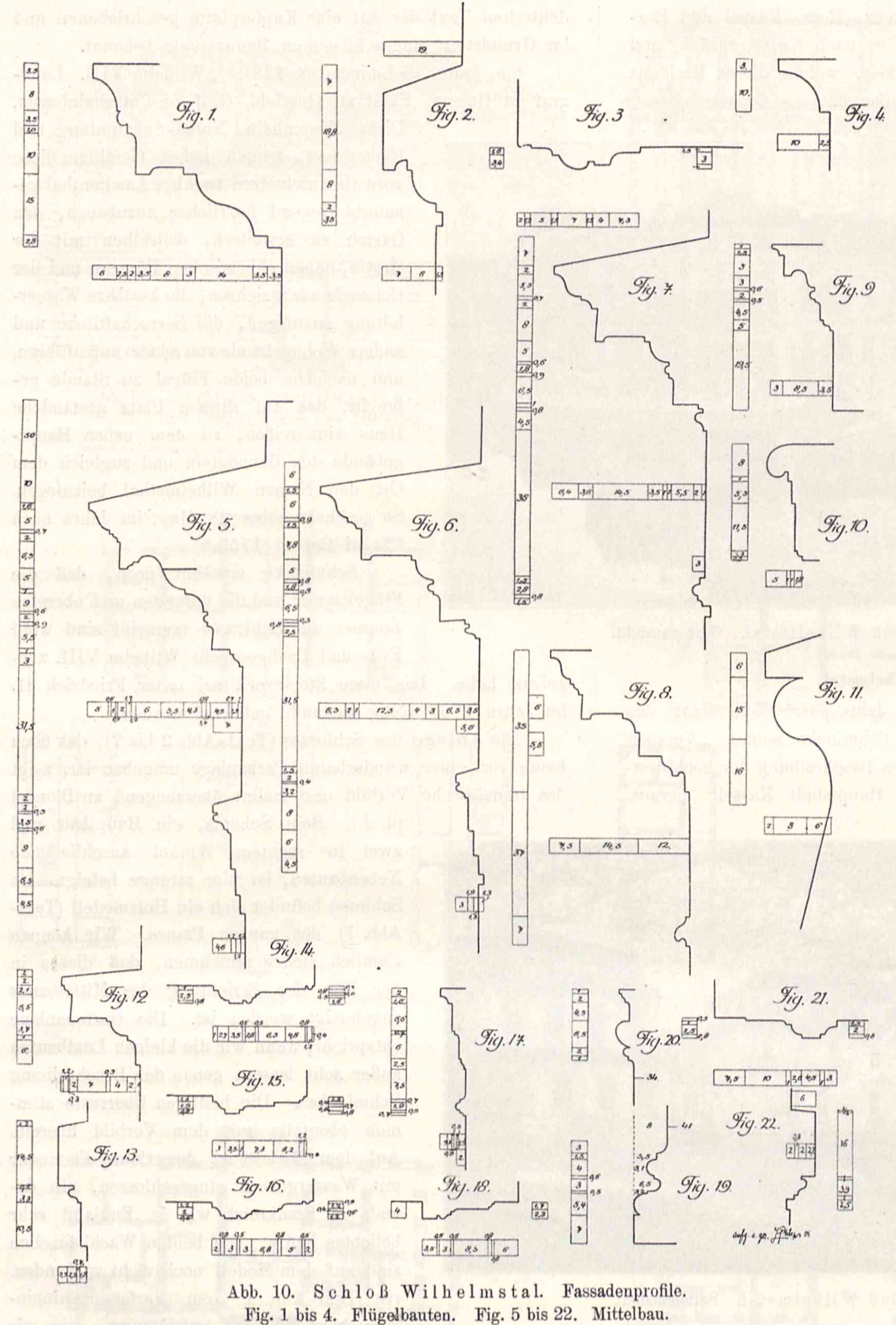


Abb. 10. Schloß Wilhelmstal. Fassadenprofile.
Fig. 1 bis 4. Flügelbauten. Fig. 5 bis 22. Mittelbau.

letzter Stelle. Seine Kellerräume sind nach einer Front hin mit großen Fenstern und Lichtschacht versehen. Außerdem lehnt sich an das Geschoß nach dem Hofe hin ein zu einem Kellergewölbe erweiterter Kanal an. Vielleicht hat S. L. du Ry hierbei mittelbar schon mitgewirkt. Die Fassaden der beiden Flügel sind einfache Putzbauten. Als Baustoff für die Fensterumrahmungen sowie den Sockel und das Gurtgesims diente Sandstein, für das Hauptgesims Eichenholz. Das Mansarddach wurde mit dunkelstahlblau glasierten Biberschwänzen eingedeckt. (Text-Abb. 10: Fig. 1 Hauptgesims, Fig. 2 Gurtgesims, Fig. 3 Profil der Türenumrahmung, Fig. 4 Gesims der Dachfenster). Die Architektur ist bei kräftiger Profilierung etwas frei behandelt, aber von schlichtem und behaglichem Äußeren.

Auf sie können die Worte auch Anwendung finden, die Gurlitt von diesem Meister sagt: „Doch offenbart sich in seinen Façaden so viel deutscher Formendrang, daß er in seiner Kunstart den deutschen Rokokomeistern näher steht als seinen Volksgenossen jenseits des Wasgau." (Gurlitt, Geschichte des Barockstils usw. in Deutschland, S. 439.)

Der Mittelbau (Erdgeschoß Text-Abb. 7) umfaßt eine doppelte Zimmerflucht. Vom Hof aus führt eine Freitreppe zu dem in der Mittelachse liegenden Vestibül. Zur Seite rechts schließt sich das Treppenhaus an. Außerdem dienen zur Vermittlung des

zuerst gebaut worden sein, denn er entbehrt im Gegensatz zum rechten Flügel jeglicher Vorkehrung zum Abhalten der Feuchtigkeit. Die Chronik überliefert uns, daß im August 1749 einer der beiden Flügel schon fertiggestellt war (Gerland S. 34), und daß im Sommer 1752 S. L. du Ry während seiner Rückreise über Holland auf Verlangen des Landgrafen den Bau wasserdichter und bewohnter Kellergeschosse studieren mußte. In derselben Zeit war ein zweiter Flügel im Bau, der im Frühjahr 1753 seiner Vollendung entgegenging. Da bei dem Grundbau auf die Isolierung des Wasserzudranges schon Rücksicht genommen wurde, steht dieser zeitlich an

Verkehrs noch zwei symmetrisch gelegene Nebentreppen. Mit der Vorhalle in einer Achse liegt der Speisesaal; er ist der größeren Lichtzufuhr halber, vielleicht auch um einen bequemen Austritt zu schaffen, um 3,47 m vom Baukörper herausgezogen. Zwei Gruppen von Wohngemächern schließen sich an beiden Seiten des Speisesaals an, in denen man vom Saal aus je ein Wohn- und Schlafzimmer, ein Ankleidekabinett, ein Kleiderzimmer und einen zur Nebentreppe führenden Vorraum betritt. Außerdem befinden sich in jeder Gruppe zwei Aborte, von denen der eine für die Diener vom Vorraum, der andere für die Herrschaft vom Schlafzimmer

aus zugänglich ist. Dem Treppenhaus in der Lage entsprechend schließt sich links an das Vestibül — zugleich mit dem Wohnzimmer durch eine Tür verbunden — die Schönheitsgalerie an.

Das Untergeschoß (Text-Abb. 6). Unter der Haupttreppe gelangt man durch einen sich meisterhaft dem Raum einfügenden Eingang zu der unter dem Speisesaal liegenden Halle hinab. Von hier aus kann man über eine zweiarmige Treppe in den Garten hinaufsteigen. Die Bestimmung der Räume dieses Geschosses läßt sich heute nicht mehr genau feststellen. Ein durch die linke Nebentreppe bequem erreichbarer Raum scheint meines Erachtens nach das von Schmincke (S. 429) erwähnte Badezimmer gewesen zu sein. (Seine Bezeichnung eines Bades von schwarzem Marmor hat sich sicher nur auf die Wanne bezogen.) Die Ausstattung mit einem reichen Kamin und ein unmittelbarer Zugang zum Abort bestärken mich in dieser Annahme. Das ganze Untergeschoß umgibt ein eigenartiger, mit Tonne überwölbter Stollen (in Text-Abb. 6 gestrichelt), über welchem im Hof, da dort das Gelände höher liegt, noch ein Lichtschacht angeordnet ist (Text-Abb. 2). Die abgeschrägten Ecken des hervortretenden Mittelrisalits dienen neben ästhetischen Absichten auch rein praktischen Bedürfnissen, denn sie ermöglichen es, dem unter dem Vestibül liegenden Raum unmittelbares Licht zuzuführen. In einem Raume rechts neben der Haupttreppe wird die darüberliegende Wand durch zwei eiserne Säulenpaare gestützt — ein bemerkenswertes Gegenstück zu der von Sonnin erbauten Michaeliskirche in Hamburg (1751 bis 1762), in welcher die Emporen von eisernen Säulen, die Gurlitt (vgl. Gurlitt S. 436) als eines der ersten Beispiele dieser Konstruktionsart bezeichnet, getragen werden.

Das Obergeschoß (Text-Abb. 5). Betreten wir von der Haupttreppe aus das Obergeschoß, so erreichen wir, uns rechts wendend, ein stattliches, durch drei Fenster erhelltes Empfangszimmer, welches den Vorsalon zu dem nach dem Garten zu gelegenen Tanzsaal bildet. In beiden Räumen gewährt je ein Balkon einen freieren Blick auf Hof und Garten. Links vom Tanzsaal schließen sich ein Schlafzimmer mit Kabinett, Kleiderzimmer und Abort an. (Heute ist der Vorraum zum Kleiderzimmer zu einer kleinen Küche umgebaut.) Auf der Seite nach dem rechten Flügel hin dienen die Räume zu Wohn- und Spielzwecken.

Die schon erwähnten Nebentreppen sind im Erdgeschoß mit reizvoll geschwungenen Stufen gewendelt und müssen dann, weil der Altan ihr spiralförmiges Ansteigen hemmt, in geradem Laufe weitergeführt werden. Die beiden Seitenfronten des Hauptbaues setzen nämlich im Obergeschoß zurück, um für die Altane Platz zu schaffen. Hier zeigt sich der Meister als kühner Konstrukteur, denn die zurücktretenden Umfassungswände sind über den beiden Kleiderzimmern freitragend, eine für die Zeit eigenartige Bauart.

Das Dachgeschoß (Text-Abb. 4), nur durch die beiden Nebentreppen zugänglich, enthält lauter Gemächer für das Gefolge. Über dem Festsaal, welcher eine größere lichte Höhe hat als die übrigen Räume, liegen zwei große Kammern.

Die Frage, wer der Meister der Grundrißanlage des Mittelbaues gewesen, ist bisher noch nicht völlig geklärt worden. Die Meinungsverschiedenheit, ob sie Charles du Ry oder dessen Sohn Simon Louis zuzusprechen ist, wird sich, gestützt auf unsere zeichnerischen Untersuchungen, zugunsten des letzteren entscheiden. Die Urkunden berichten uns, daß sich S. L. du Ry sehr frühe mit Entwürfen für Wilhelmstal befaßte. So sehen wir ihn schon auf seiner Reise nach Stockholm einen selbstgefertigten Entwurf für den Schloßbau mitnehmen. Im August 1749 schrieb er von Paris aus an seinen Vater, dieser solle ihm den Lageplan von Schloß Wilhelmstal mit dem Grundriß und der Hälfte des Aufrisses des bereits vollendeten Flügels und ein Stück Garten zeichnen lassen. Er solle ihm auch die besonderen Wünsche des Fürsten mitteilen, da er Lust habe „einen Plan für das Schloß unter den Augen des Herrn Blondel anzufertigen“ (Blondel riet ihm, drei Pläne zu machen, damit der Bauherr die Auswahl habe — Gerland S. 34). Am 18. März 1750 konnte er seine Pläne abschicken, zwei Grundrisse, zwei Aufrisse, einen Schnitt durch das ganze Haus und einen großen Durchschnitt von einem Saal (Gerland S. 36). Diese urkundlichen Belege genügen aber nicht, Simon Louis ohne Zweifel als den Meister hinzustellen. Erst eine vergleichende Beobachtung der Grundrißanordnung und ihrer Einzelheiten zwischen dem Mittelbau und den Seitenflügeln liefert uns Beweise seiner Urheberschaft. So erkennen wir an den bis ins Kleinste wohldurchdachten Grundrissen des Hauptbaues, von denen sich die der Flügelbauten, welche mit ihren großen Fluren noch am Hergebrachten festhalten, auffallend unterscheiden, einen neuen Architekten. Wir werden an französische Beispiele und besonders an Blondel d. J. (vgl. Beispiele Blondels in „De la Distribution usw.)“ gemahnt. Genau, gemäß dem Gesetze der Disposition, sind hier die Räume, welche der Zweckbestimmung nach zueinander gehören, zweckmäßig gruppiert und symmetrisch verteilt. Wohldurchdacht und wieder echt französisch ist die Anlage der Nebentreppen. Auf ihnen kann der ganze Verkehr mit den beiden oberen Stockwerken stattfinden, so daß der Haupttreppe nur die Rolle der Repräsentation zufällt. Die Treppen in ihrer Anlage und Einzelausbildung verraten uns den Schüler Blondels. Die Anlage der Haupttreppe mit ihren drei Läufen ist für Blondel kennzeichnend. Auch die S-förmig geschweiften Stufen liebte Blondel anzuwenden. Die Haupttreppe sowie die Treppe in der Halle des Untergeschosses sind fast genau Vorbildern aus Blondels Werk „De la Distribution des maisons de plaisance usw.“ entnommen. Auch die mit abgerundeten Ecken ausgebildete Vorhalle hat hier ein Vorbild. Gemäß der Bienséance liegen die entsprechenden Türöffnungen in derselben Flucht. Die verschobenen Gewände der inneren Fenster im Kellergeschoß (in der Halle), welche, ihre eigene Symmetrie aufgebend, der verschiedenen Achsenteilung zweier Räume zugleich gerecht wurden, ist kennzeichnend für die Zeit.

Ziehen wir nun zum Schluß alle obengenannten Tatsachen zusammen, so ergibt sich, daß mit großer Sicherheit angenommen werden kann, den Grundriß des Mittelbaues als ein Schülerwerk des jungen Simon Louis du Ry anzusehen, an dem Blondel durch Ratschlag und Verbesserung mitgewirkt habe.

Außenarchitektur (Text-Abb. 8 u. 9, Abb. 3 bis 5 Bl. 27 u. Abb. 1 u. 2 Bl. 28). Als Baustoff aller vier Fassaden am Mittelbau ist durchgehend Sandstein verwendet worden. Die Mansarde wurde in gleicher Weise wie die Nebenbauten mit dunkelstahlblau glasierten Biberschwänzen eingedeckt. In der Ge-

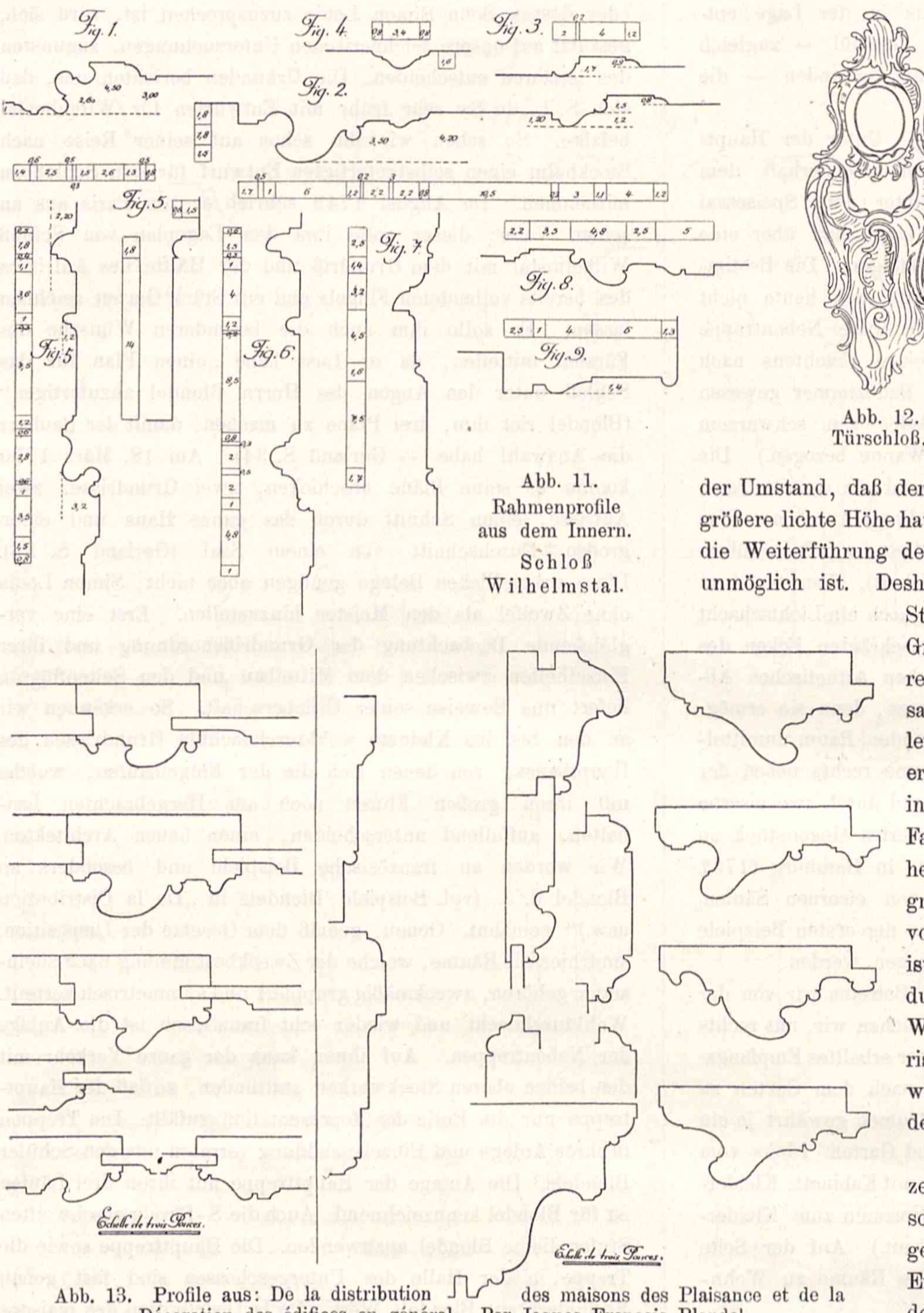


Abb. 11. Rahmenprofile aus dem Innern. Schloß Wilhelmstal.

Abb. 12. Türschloß.

Abb. 13. Profile aus: De la distribution des maisons des Plaisance et de la Décoration des édifices en général. Par Jaques François Blondel.

staltung der Außenarchitektur lassen sich kurz folgende Grundzüge feststellen. Zunächst haben die beiden Hauptfronten im Hof und Garten (Abb. 4 u. 5 Bl. 27) eine senkrechte Massengliederung, durch Teilung in je drei Vor- und zwei Rücklagen, erhalten. Zu dieser senkrechten Gliederung gesellen sich ferner Lisenen, welche an den meisten vorspringenden Teilen zur Geltung kommen. Das Mittelrisalit ist als die bedeutendste Stelle am Bauwerk mit Ordnungen geschmückt. So wird der über dem Hauptportal liegende Balkon von vier ionischen Säulen und denselben entsprechenden vier Pilastern getragen. Im Obergeschoß ist die Pilasterteilung beibehalten und zeigt dort die korinthische Ordnung mit dem klassischen Akanthusblatt. Eine wagerechte Teilung ist durch die Gesimsbekrönung sämtlicher Geschosse, mit Ausnahme des Kellergeschosses im Hof, geschaffen worden (Text-Abb. 10: Fig. 5 Hauptgesims, Fig. 6 Gesims über dem Erdgeschoß im Hof, Fig. 7 dasselbe im Garten, Fig. 8 Gesims des Aufbaues im Garten, Fig. 11 Mansardengesims, Fig. 22 Gesims über dem Kellergeschoß im Garten). Einzelne Glieder der beiden unteren Geschosse sind durch Quaderung kräftiger hervorgehoben worden. Das Mittelrisalit der Gartenfassade ist noch um ein mit geradem Giebel abgeschlossenes Stockwerk erhöht — ein Motiv, das einerseits aus konstruktiven und anderseits aus ästhetischen Gründen bedingt ist. Der ersten Bedingung entspricht der Umstand, daß der an dieser Stelle liegende Tanzsaal eine größere lichte Höhe hat als die übrigen Räume und daß dadurch die Weiterführung des Daches in gleicher Höhe konstruktiv unmöglich ist. Deshalb hat der Meister gleich ein ganzes Stockwerk aufgesetzt und hat es, um dem Grundsatz der wagerechten Teilung gerecht zu werden, bis zur Höhe des Mansardengesimses hochgeführt. Eine künstlerische Bedingung zur Höherführung ergibt sich aus der Lage des Schlosses in bezug auf die Landschaft. Da diese Fassade sehr nahe an den Fuß eines Hügels herangerückt ist, so sieht man in einem großen Teil des Gartens die Bauanlage von einem Standpunkte aus, der höher ist, als seine Gesamthöhe ausmacht. Dadurch wird das Dach von oben sichtbar. Wäre das sehr weit vorgezogene Mittelrisalit mit derselben Mansarde gedeckt, so würde ein sehr häßliches Bild entstanden sein.

Die Fensteröffnungen sind in den einzelnen Stockwerken verschieden abgeschlossen worden. So kamen im Kellergeschoß durchgehend der Stichbogen, im Erdgeschoß mit einer einzigen Ausnahme der gerade Sturz und im Obergeschoß der Stich- und Rundbogen in Anwendung. Diese Abwechslung ist auch bei den Vor- und Rücklagen beachtet worden. Um sie bemerkenswerter aus der Reihe der anderen hervorzuheben, erhielten die Fenster an den Risaliten der Hoffront im Obergeschoß und die an der Mittelvorlage der Gartenfront im Erd- und Obergeschoß den Rundbogen. Als architektonische Zierde umrahmt die Fensteröffnungen ein zartes Profil, das auf einer gleichartig behandelten Sohlbank aufruht. Die Gliederung der einzelnen Umrahmungen ist verschieden. Sie zeigt im Obergeschoß (Text-Abb. 10 Fig. 14 u. 16) eine reichere Ausbildung als im Erdgeschoß (Text-Abb. 10 Fig. 15 u. 21 Türprofil des Verbindungsganges). Dieser Unterschied macht sich aber auch an den Sohlbänken im Obergeschoß (Text-Abb. 10 Fig. 12) und im Erdgeschoß (Text-Abb. 10 Fig. 13) auffallend bemerkbar. Nur an den mit Rundbogen abgeschlossenen Fenstern kamen ausnahmsweise gleiche Profile zur Anwendung (Text-Abb. 10: Fig. 17 Kämpfergesims,

Fig. 18 Gesims der Archivolte). Als Bekrönung der Fenster dient an Stelle des Schlußsteines ein in verschieden reichen Abstufungen ausgebildeter Ornamentschmuck. Eine Ausnahme in der Art der dekorativen Ausschmückung machen die ovalen Fenster des Aufbaues, deren Öffnungen nur von kräftigem Ornamentwerk umrahmt sind. Die ornamentale Behandlung erstreckt sich auch auf die den Balkon tragenden Konsolen an der Gartenfront. Zuletzt wären noch die zierlichen naturalistischen Gehänge und zarten Konsölchen unter den Sohlbänken im Obergeschoß zu erwähnen.

Die Dachfenster sind aus Stein aufgebaut. An ihnen ist die mit Stichbogen abgeschlossene Öffnung und das reich gegliederte Gesims, welches sich der Bogenform anschmiegt, bemerkenswert (Text-Abb. 10 Fig. 9). Über dem Mittelrisalit im Hof wurde ein besonderes Fenstermotiv in ovaler Form gewählt. Sein Gesims (Text-Abb. 10 Fig. 10) macht, dem vorigen Beispiel folgend, die Form der Öffnung mit und verläuft sich dann in kleine Voluten. Da in der Mittelachse dieser Front kein Dachfenster angeordnet ist, wird der Eindruck hervorgerufen, als ob an dieser Stelle eine Bekrönung durch eine Figurengruppe oder dergleichen geplant gewesen wäre. Über dem Gesims finden sich aber keine darauf hinweisende Vorkehrungen. Das Ornament und die Profile sind auf das sorgfältigste gearbeitet. Dagegen muß man den Fugenschnitt, trotzdem die Lager und Stoßfugen äußerst fein ausgeführt sind, sehr tadeln. So liegt z. B. bei den Pilastern unter dem Balkon die Fuge unmittelbar unter dem Astragal. Es mußte deshalb, um den Schaft einzupassen, die nötige Öffnung aus den Voluten herausgeschlagen werden. Ein Notbehelf, der mit wenig Sorgfalt vorgenommen wurde.

In der Art der Anwendung und Durchbildung der einzelnen Architekturglieder macht sich mit großer Deutlichkeit jene Rangordnung bemerkbar, die, als eine Schöpfung der Bienséance, besonders von den Vertretern des maßvollen Rokoko gepflegt wurde. Sie weist unter den tragenden Gliedern der Säule die höchste Stelle zu, dann folgen in Abstufungen nach unten der Pfeiler, die Halbsäule, der Pilaster und zuletzt die Lisene. Die Fensterformen ordnen sich nach der Form ihrer Abschlüsse in die Reihenfolge: Rundbogen, Korbbogen, Stichbogen und gerader Sturz. Die Handhabung der Rangordnung erstreckt sich auch auf die Vor- und Rücklagen und dann auf die einzelnen Geschosse. Das Hauptgeschoß schmücken Formen der höchsten Stufe, daneben folgen die Vorlagen vor den Rücklagen (vgl. Schumann S. 15 und 16). Zur näheren Erläuterung wollen wir die Hoffront hiernach zergliedern. Das Hauptgeschoß hat im Gegensatz zum Erdgeschoß Fenster mit Rund- und Stichbogen erhalten, während im letzteren der gerade Sturz in Anwendung kam. Im Hauptgeschoß verteilen sich die Rundbogen auf die Vorlagen, dagegen erhalten die Rücklagen eine tiefere Stufe, den Stichbogen. Das Mittelrisalit schmücken Pilaster, die Eckrisalite Lisenen. An den Rücklagen fällt jede senkrechte Gliederung weg. Aber auch das Ornament und die Profilierung ordnen sich diesem Gesetz unter, so daß die Schlußsteine der Rundbogenfenster am reichsten, die des geraden Sturzes am einfachsten geschmückt sind. Die Profile der Fenstereinfassungen im Obergeschoß sind reicher ausgestattet als im Erdgeschoß.

Wenn wir diese Architektur mit jener der Kavalierhäuser vergleichen, so erkennen wir sowohl im Aufbau als auch in ihren Einzelheiten einen zweiten Meister. Ihre Durchbildung im Sinne der Bienséance — schon in klassizistischen Anklängen — unterscheidet sich auffallend von der der Flügelbauten, die, wie wir bereits erwähnt haben, so strengen Gesetzen nicht unterstellt sind. Auch die Zeichnung der Profile ist eine andere, sie wurde viel feiner und beinahe etwas schüchtern ausgeführt (Flügelbau Text-Abb. 10 Fig. 1 bis 4, Hauptbau Fig. 5 bis 22). Sogar die gußeisernen Geländer an Balkon und Altan unterscheiden sich an beiden Baukörpern durch verschiedene Muster. Die Hoffront macht den Eindruck, als ob sie etwas gezwungen zwischen die schon vorhandenen Flügelbauten eingefügt worden wäre. Die im einzelnen so mannigfache Profilierung — auch das Gesims über dem Erdgeschoß ist im Garten (Text-Abb. 10 Fig. 7) und Hof (Fig. 6) verschieden — läßt auf einen jugendlichen Meister schließen. Es ist der junge Schüler Blondels, der sich in der Theorie schon einen gewissen Grundschatz erworben hatte, dem aber hier die praktische und künstlerische Erfahrung in der Durcharbeitung einer Fassade noch fehlte.

Die innere Ausstattung (vgl. Text-Abb. 2 und Bl. 29 u. 30). Schon bei der Anlage der Grundrisse und dem Aufbau der Fassaden konnten wir beobachten, mit welchem Geschick unser Meister seine Pariser Studien zu verwerten wußte; in noch höherem Maße aber sollte er diese Errungenschaften an der Innenausstattung zeigen.

Betreten wir das Schloß durch das Hauptportal, so verrät uns schon die besonders reich geschmückte Außentür (Abb. 1 Bl. 28) den reizvollen Schmuck, der im Inneren unser Auge überraschen wird. Die beiden Türflügel sind der Höhe nach in zwei ungleiche Felder geteilt. Anmutig gezeichnetes, plastisches Ornament bedeckt das obere Feld, während die untere Füllung eine ganz eigenartige Dekorationsform erhalten hat, die mit ihrem aus mehreren Platten zusammengesetzten Muster auffallend an das Parkett erinnert. Diese Art des Flächenschmuckes kommt schon bei den Vorläufern des Rokoko vor, aber immer nur in der unteren Füllung der Türen oder Wandvertäfelungen. Ähnliche Beispiele in verschiedenen Abwandlungen finden wir bei Le Blond, Francard, Le Pautre und Courtone (vgl. L'Architecture à la mode usw.).

In der Eingangshalle empfängt uns eine ans Nüchterne grenzende Einfachheit. Mit Ausnahme der Türen ist jeder ornamentale Schmuck vermieden worden (die heutige Stuckdecke ist jüngeren Ursprungs). Die Wände aus weißem Stuckmarmor haben, als einzige Stelle im ganzen Schlosse, eine architektonische Gliederung durch ionische Pilaster erhalten; es wird dadurch gleichsam ein Übergang vom Äußeren zum Inneren geschaffen. In den vier Ecknischen stehen chinesische Vasen. Die gewollte Einfachheit dieses Raumes, welche sich auch auf das Erdgeschoß des anschließenden Treppenhauses erstreckt, soll dazu dienen, den Reiz des nun folgenden zu erhöhen.

Steigen wir die mit zierlichem Eisengeländer versehene Treppe zum Obergeschoß hinan, so bietet sich uns ein völlig neues und überraschendes Bild dar. — Wände, Voute und Decke sind in vornehmer Abstimmung mit zartestem und feinem Ornamentwerk bedeckt, — wir empfangen den ersten vollen Eindruck der heiteren Welt des Rokoko.

Wie stark die Regeln der Symmetrie einen Architekten beherrschen können, zeigt sich bei unserem sonst so tüchtigen Künstler hier in einer Weise, die wir an dieser Stelle nicht unerwähnt lassen dürfen. Er hat nämlich den beiden Türen, welche vom Podest aus zu den Räumen führen, an den betreffenden Wänden symmetrische, völlig in der Luft schwebende blinde Gegenstücke angeordnet. Diese unangenehme Täuschung wollte man in späteren Jahren verhindern, indem man — eine zweite Architekturlüge — vor die blinden Türen Gitter anbrachte; sie sind aber wieder entfernt worden. Im ganzen Raum herrscht die weiße Farbe vor, nur die Vouten und einzelne Stellen an der Mittelrosette der Decke sind rosa getönt; das Ornament ist vergoldet.

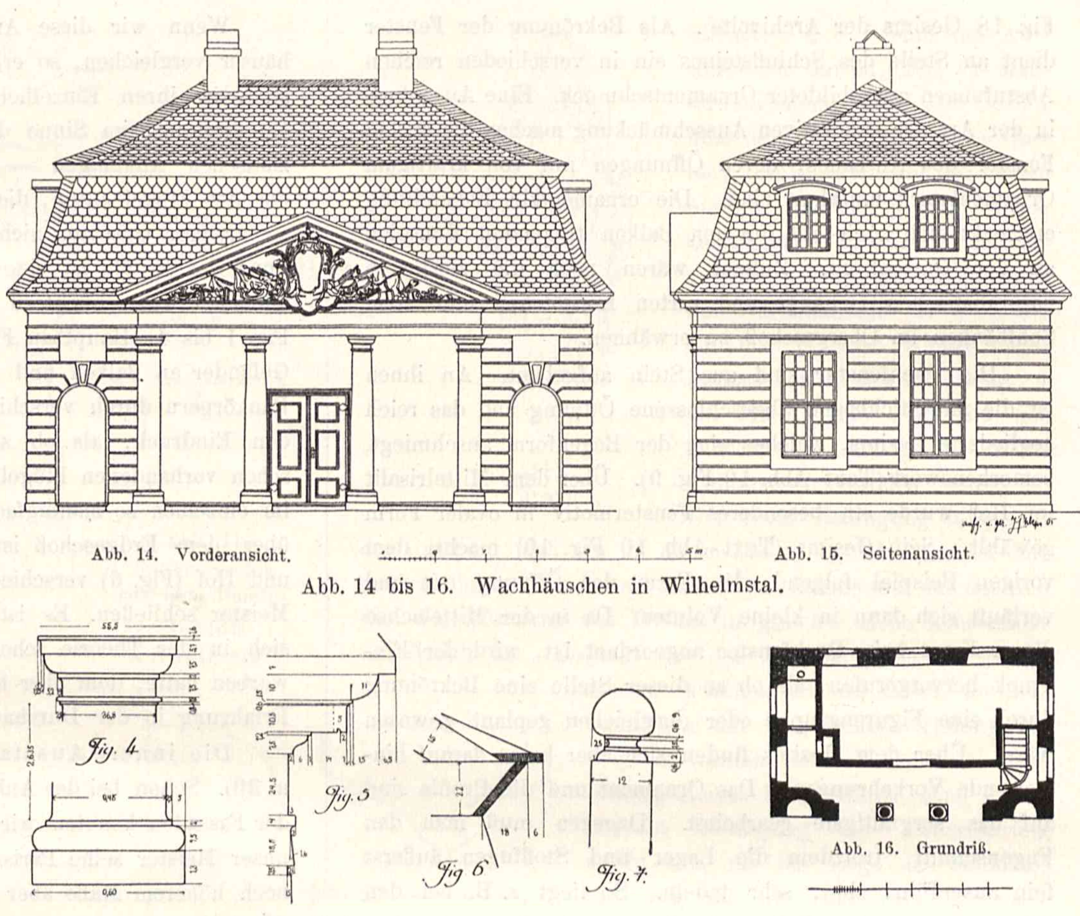


Abb. 14. Vorderansicht. Abb. 15. Seitenansicht.
Abb. 14 bis 16. Wachhäuschen in Wilhelmstal.
Abb. 16. Grundriß.
Abb. 17. Einzelheiten vom Wachhaus.

Der Schmuck der inneren Räume ist in der maßvollsten Weise gehalten. Ein in vollendeter Zierlichkeit gezeichnetes Ornament — in Holz geschnitzt oder in Stuck modelliert — belebt die symmetrisch verteilten Felder, schmiegt sich dann leicht und gefällig der Voute an und umflattert zuletzt spielend die Mitte der Decke. Die Farbengebung ist mit dem plastischen Schmuck zu einer vollen Harmonie zusammengestimmt. Jeder Raum hat durch die isochrome Bemalung seinen eigenen Farbenton erhalten. Heute gewahren wir nur mehr einen Wiederherstellungsversuch der ursprünglichen Malerei, der im Jahre 1822 sehr sorgfältig mit Ölfarbe vorgenommen wurde (vgl. v. Zahn, Barock usw., Zeitschrift für bildende Kunst S. 38). Der Reiz der ersten Bemalung, die in ihrer Ausführung in Leimfarbe von wundervoller und eigenartiger Wirkung gewesen sein muß, ist durch eine falsch gewählte Farbentechnik verwischt worden.

Neben der verschiedenen Farbengebung der einzelnen Räume ist auch in dem Wandschmuck eine Abwechslung innegehalten. Im großen betrachtet, können wir vier verschiedene Zierweisen feststellen.

Als erste betrachten wir zunächst die des Speisesaales (Blatt 29). Seine Wände entbehren außer der mit Ornament gezierten Felderteilung, das sich vergoldet von dem mattgrünen Grundton reizend abhebt, jegliches Schmuckes — die Wandleuchter und Konsolen lassen wir hierbei außer acht. Wenn man die vom Künstler gewollte und die von ihm durch wohlerwogene Überlegung gesteigerte Wirkung haben will, so muß man sich in diesen Raum die gedeckte Tafel denken mit ihrem reichen Schmuck, alles in ganz hellen Tönen.

Zu einer zweiten Art der dekorativen Raumgliederung können wir die Zimmer rechnen, in welchen neben dem Rahmenwerk Kamin- und Konsolspiegel und über den Türen organisch eingefügte Gemälde die Wände schmücken. Von vornehmstem Geschmack unter diesen Zimmern ist ein kleines Kabinett im Obergeschoß, wegen der Motive seines Porzellanfigurenschmuckes Fünf-Sinne-Zimmer genannt. Die Figuren ruhen auf Porzellankonsolen, die in die Wanddekoration eingefügt sind. Unser Beispiel (Blatt 30), die Schmalwand darstellend, entbehrt dieses Schmuckes. Wohl mit Rücksicht auf das Porzellan herrscht ein grauer Ton vor. Zart und duftig verteilt sich der in natürlichen Farben bemalte Blumenschmuck auf die Füllungen. Die gefällige Zeichnung und geschickte Farbenverteilung wirken wundervoll. Der große Gegensatz mit der ganz dunkel gemalten Supraporte erhöht diese Wirkung. In ähnlicher Weise, auch in der Bemalung — der Grundton ist hier Chamois mit Weiß — wurde ein Spielzimmer in demselben Stockwerk ausgestattet. Der am prunkvollsten ausgestattete Tanzsaal gehört mit zu dieser Reihe. Auf seinen rosa mit weiß getönten Wandgliederungen breitet sich in höchster Pracht goldenes Rankenwerk aus.

Bei einer dritten Art verteilt man Gemälde, welche untereinander gleich groß sind, als selbständige Gebilde nach einem bestimmten Muster symmetrisch in die Felderteilung. Das Fürstinnenzimmer mit blauer und die Schönheitsgalerie mit grüner Grundstimmung, sowie der hellblaue Empfangssalon und ein Kabinett schließen sich in künstlerischer Vollwertigkeit den vorigen Raumausstattungen an.

Die vierte Art, zu der wir ein rotes Wohn-, dann ein rotes, ein blaues und ein grünes Schlafzimmer rechnen, bedeckt die Wände mit Seidentapeten. Die Tapeten bilden an jeder Wand des Zimmers das gleiche, aber für sich abgeschlossene Muster. Sie zeigen heute den Empirestil und sind später zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts eingesetzt

worden. Es ist nicht genau festzustellen, wie die Wände dieser Räume früher ausgesehen haben.

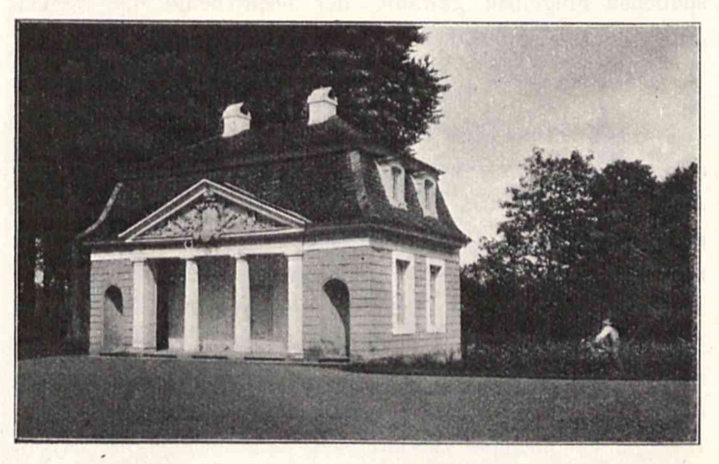


Abb. 18. Wachhäuschen in Wilhelmstal.

Zum Schluß wäre noch die einfache Vertäfelung der Kleiderzimmer mit geraden Leisten ohne Ornamentschmuck zu erwähnen.

An den Decken herrscht die weiße Farbe vor. Mit dem Ornament ist sehr gespart. Es beschränkt sich zum größten Teil auf die Vouten. An dieser Stelle kommt auch die Farbe zur Geltung; sehr oft wiederholt sich ein blaugrüner Ton.

Die Möbel haben immer die Farbenstimmung ihres Raumes erhalten. Zu den seidenen Vorhängen der Fenster und den Überzügen der Stuhl- und Sophapolster desselben Raumes ist das gleiche Gewebe gewählt worden, nur die Stühle des Speisesaales haben Lederpolster erhalten. Alle Profile im Inneren (Text-Abb. 11: Fig. 1 bis 5 Speisesaal, Fig. 6 Fünf-Sinne-Zimmer, Fig. 8 u. 9 Eingangstür) sind möglichst flach gehalten und springen wenig vor. Die Übergänge der einzelnen Profilglieder sind sehr gemildert. Auch dann, wenn man mit den Rahmenleisten tiefere Schattenwirkungen erzielen wollte, sind die vorstehenden Wellen sanft abgerundet. Deshalb entstehen weiche Schattenlinien — ein beabsichtigter Gegensatz zum leichten Ornament, durch den der Reiz des letzteren bedeutend erhöht wird. In der Technik, sowohl in Holz als auch in Stuck, ist das Äußerste geleistet worden.

Die Heizung des Schlosses geschieht durch offene Kamine, welche die üblichen Rokokoformen zeigen, und durch gußeiserne und tönerne Öfen. Da die Eigenfarbe des Gußeisens störend wirken würde, haben diese Öfen einen der inneren Stimmung angepaßten Anstrich erhalten.

Bei dem eisernen Geländer an den inneren und äußeren Treppen und am Lichtschacht bewundern wir eine ungemein gefällige Linienführung. Das Hauptmuster bildet ein Eisenband, dazwischen verschlingen sich gut geschmiedete, aber sehr dünne naturalistische Blumenranken. Im Grunde genommen waltet hier derselbe Grundsatz wie in der Wanddekoration. An dem zum Lichtschacht führenden Türchen im Hof finden wir schon klassizistische Anklänge — einen kleinen Fries mit dem Mäander geschmückt.

Der Gesamteindruck des Inneren ist von vornehmer Behaglichkeit. Trotz der Abwechslung in der Dekoration wirkt alles wie aus einem Guß — ein Zeichen auch dafür, mit welcher Meisterschaft unser Künstler jene reizvolle Wirkung erreicht hat, die in dem Aneinanderreihen verschieden gestimmter Räume erstrebt wurde.

Daß die Farbengebung des Inneren mit dem durch die Fenster hereinscheinenden Grün der Gartenanlagen besonders wohltuend übereinstimmt, darf hier nicht unerwähnt bleiben, denn sie kennzeichnet einen besonderen Vorzug des Rokoko.

In der ganzen inneren Dekoration, welche die bewußte Mäßigung des Rokokoklassikers verrät, erkennen wir eine leitende Künstlerhand. Wir wissen, daß der Bildhauer Johann August Nahl am Schlosse gearbeitet hat (Gerland S. 86). Wir können aber seine künstlerische Anteilnahme nicht genau bestimmen. Es hält uns nichts zurück anzunehmen, daß er die Arbeiten nur als ausführender Bildhauer fertig gestellt hat. Trotzdem er in Berlin für die königlichen Schlösser Zeichnungen für die Innendekoration (siehe Ebe, Spätrenaissance, Band 2, S. 788) angefertigt hat, liegen seine künstlerischen Verdienste nur in der Behandlung der Einzelheiten.

Die ganze Einteilung der Felder und die Verteilung des Schmuckes zeigen die französische Schule. Sie mahnen uns neben Blondel d. J. noch an Briseux (siehe Briseux, L'art de bâtir). Die Unterschiede in der Dekorationsart der Rokokoklassiker sind sehr gering. An der Profilierung aber läßt sich der unverkennbare Einfluß Blondels feststellen (vgl. Text-Abb. 13).

Das Einheitliche in der Dekoration, die reife Durcharbeitung haben uns S. L. du Ry als hervorragenden Ornamentiker gezeigt. Trotz seiner Jugend hat er hier ein Werk geschaffen, das seinen französischen Vorbildern ebenbürtig zur Seite steht. Er hat die Hoffnungen seines Lehrers Blondel erfüllt.

Die Wachhäuschen. Der Grundriß des Erdgeschosses der symmetrisch angeordneten Wachhäuschen (Text-Abb. 16) wird gebildet aus einer offenen Halle mit Wachstube und Abort. Eine Treppe (Text-Abb. 17 Fig. 7 Treppenpfosten) führt in das wohnlich ausgebaute Dachgeschoß.

Die Fassaden (Text-Abb. 14, 15 u. 18) sind zum größten Teil in Putz hergestellt. Als Baustoff für den Sockel, die Fenstereinfassung, sowie für die Säulen und Pfeiler diente Sandstein. Das Hauptgesims sowie das Gesims der Mansarde ist mit Hilfe von Schalbrettern hergestellt (Text-Abb. 17 Fig. 5, 6). Die Architektur zeigt die toskanische Ordnung (Text-Abb. 17 Fig. 4). Die Einzelheiten sind nach klassischem Muster durchgeführt. Die Stuckdekoration der Giebelfelder stellt ein mit Kriegsemblemen umgebenes Wappenschild dar.

Die schon reifere klassizistische Architektur veranlaßt uns zu der Annahme, daß diese Häuschen später gebaut wurden als der Hauptbau des Schlosses. Auf dem Modell der Schloßanlage sind sie, wie schon erwähnt, noch nicht vorhanden.

Schloß Wilhelmshöhe.

Geschichtliches (Auszug aus Gerlands P., Ch. und S. L. du Ry). Landgraf Karl (1670 bis 1730) hatte, angeregt durch eine italienische Reise (1699 bis 1700), den Plan gefaßt, auf dem etwa eine Meile westlich von Kassel gelegenen Berge, der damals den Namen Winterkasten führte, ein Schloß mit einer großartigen Parkanlage zu bauen. Der Berg hieß nun ihm zu Ehren „Der Karlsberg“, das am Ostabhange gelegene Schloß erhielt den Namen „Weißenstein“

gleich dem an derselben Stelle gestandenen Kloster. Zur Herstellung der Anlagen nebst den Kaskaden und dem zugehörigen Riesenschloß, dem Oktogon, ließ der Landgraf einen Künstler Guernieri aus Rom kommen. Wilhelm IX. beschloß sofort nach seinem Regierungsantritt (1785) das Schloß abzutragen und durch einen Neubau zu ersetzen. Nun erhielt die ganze Anlage den Namen „Wilhelmshöhe“.

Gerland berichtet — nach einer Überlieferung in der Familie du Ry —, Wilhelm IX. hätte an Stelle des Schlosses eine „Ritterburg“ bauen wollen, unserem Meister aber wäre es gelungen, ihm diesen Plan auszureden.

Lageplan. Die Anlage des Schloßbaues besteht aus einem Hauptbau und zwei im Winkel von 30⁰ zur Mittelachse abgezweigten, durch Terrassen zugänglich gemachten



Abb. 19. Schloß Weißenstein. Ursprüngliche Anlage.

Nebengebäuden. (Das kleine Schaubild Text-Abb. 19 ist eine Nachbildung eines alten Stiches. — Die Terrassen sind am Anfang des XIX. Jahrhunderts unter Jerôme durch Verbindungsflügel ersetzt worden.)

Der Bau entwickelte sich folgendermaßen (vgl. Gerland S. 161):

Im Jahre 1786 wurden zuerst die Flügelbauten und die Kapelle des alten Schlosses abgebrochen. Dann grub man einen Entwässerungskanal für die neuen Fundamente. Anfang Juni begann der Bau des südlichen Schloßflügels. Der Baugrund besteht aus Triebsand und nesterweise untermischten Quarzfelsen. Auf den Bau der Fundamente verwandte man die größte Sorgfalt. Unter sämtlichen Mauern liegen zwei Schichten aus kreuzweise gelagerten Quadersteinen. Zur größeren Sicherheit wird der Bauplatz längs des ganzen Schlosses durch eine später mit Erdreich überdeckte Mauer gestützt.

Noch im Jahre 1786 wurden das Kellergeschoß und ein Teil des Erdgeschosses, 1787 der übrige Teil des letzteren bis zum Hauptgeschoß und ein Teil des zweiten Geschosses ausgeführt, im Jahre 1788 der Bau im Äußeren vollendet. Im Sommer 1789 wurde das Erdgeschoß mit Möbeln ausgestattet und bewohnbar gemacht. Im Frühjahr 1788 begann der Bau des nördlichen Flügels, in der Architektur eine Wiederholung des vorigen. 1790 ward er vollendet und 1792 im Inneren ausgebaut.

Der Mittelbau stammt von einem zweiten Meister namens Heinrich Christoph Jussow und wurde in den Jahren 1791 bis 1798 ausgeführt. du Ry hatte diesen Teil ähnlich den Flügelbauten geplant, doch ist sein Plan nicht zur Ausführung gelangt.

Um du Rys Können an diesem seinem letzten und bedeutendsten Werke zu zeigen, haben wir als Beispiel den südlichen Flügelbau gewählt, der noch heute den Namen „Der Weißenstein“ führt.

Der Weißenstein.

Grundrißanlage (Text-Abb. 21 u. 22). Die Grundrißanlage, ein geschlossenes Gebilde mit seitlichen apsidenartigen Ausbuchtungen, hat im Inneren ihre ursprüngliche Gestalt eingebüßt. Es haben im Laufe der Zeit starke Veränderungen stattgefunden. In Text-Abb. 21 sehen wir die Einteilung des Erdgeschosses vor dem letzten, vor einigen Jahren vorgenommenen Umbau. Ein zweiter Grundriß (Text-Abb. 22) stellt einen Rekonstruktionsversuch der ursprünglichen Gestalt dar, welchen der Verfasser nach einer uns von Apell überlieferten eingehenden Beschreibung aufgezeichnet hat (Apell, Kassel und die umliegende Gegend, S. 102). Apell schreibt: „Zu dem Haupteingang führen drey Thüren, zu denen man auf einer 23 Fuß breiten Treppe heraufsteigt, an deren Seiten zwey kollossalischen Löwen liegen. Der zuerst erbaute Flügel dienet, wie gesagt, zur Wohnung des Landgrafen. Der Vorsaal desselben wird von vier freystehenden dorischen Säulen unterstützt. Diese und die Wände sind mit geschliffenem Marmor bekleidet. Drey Thüren führen aus diesem Vestibül in den Hauptsaal, der 45 Fuß lang und 30 Fuß breit ist. Dieser enthält eine Sammlung von 23 auserlesenen Gemälden von Tischbein — (S. 105). Rechts an diesem Saal ist das Speisezimmer, das 45 Fuß lang und 30 Fuß breit ist, ohne die Vertiefung zu rechnen, in der die Buffets stehen, und die durch vier freistehende jonische Säulen von dem Zimmer abgesondert wird. Hier sind die Wände aus weißem Gypsmarmor. Links aus dem Hauptsaal kommt man in ein Zimmer von 18 Fuß Breite und 20 Fuß Tiefe, über dessen vier Thüren Aussichten von Weißenstein sind. — In dem daranstoßenden Kabinet sind drei Gemälde von Tischbein — (S. 106). Das folgende Eckkabinet enthält wieder eine schätzbare Sammlung von Tischbein — ein äußerst prächtiges Schlafzimmer macht den Beschluß. — Das fürstliche Bett steht in einem Alkoven, der durch zwo gereifte Säulen von dem Zimmer selbst abgesondert ist. — Die zum ersten Geschoß führende Treppe ist mit einem schön gearbeiteten eisernen Geländer versehen und die Wände sind von Gypsmarmor.“

Aus der Beschreibung der oberen Stockwerke ist noch als Besonderes zu erwähnen, daß im ersten Obergeschoß ein ähnliches Schlafzimmer mit Alkoven (Text-Abb. 29 u. 30 S. 215) wie unten vorhanden und daß das oberste Geschoß als Bibliothek eingerichtet war. Im Kellergeschoß war ein Badezimmer untergebracht.

(Bezüglich der Maßangaben Apells ist zu bemerken, daß darunter einiges falsch wiedergegeben ist.) Die von ihm oben erwähnten vier Säulen der Vorhalle sind wahrscheinlich so aufgestellt gewesen, daß sie von dem länglichen Raum nach jeder Schmalwand hin eine Achsenbreite abschnitten.

Außenarchitektur (Text-Abb. 20, Abb. 1 u. 2 Bl. 27 und Abb. 3 u. 4 Bl. 28). Als Baustoff für die Fassaden diente Sandstein. Das Grundmotiv ist ein gequaderter Baublock, der durch das Hauptgesims und durch die Quergesimse wagerecht gegliedert und abgeschlossen ist. (Einzelheit der Gesimse Text-Abb. 23 Fig. 1 u. 4).

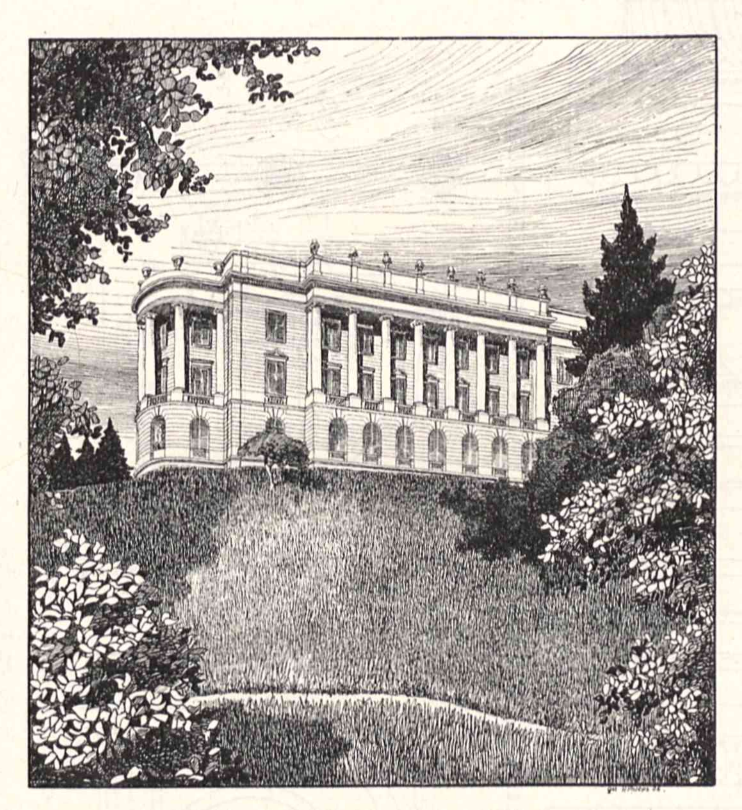


Abb. 20. Schloß Weißenstein (Wilhelmshöhe).

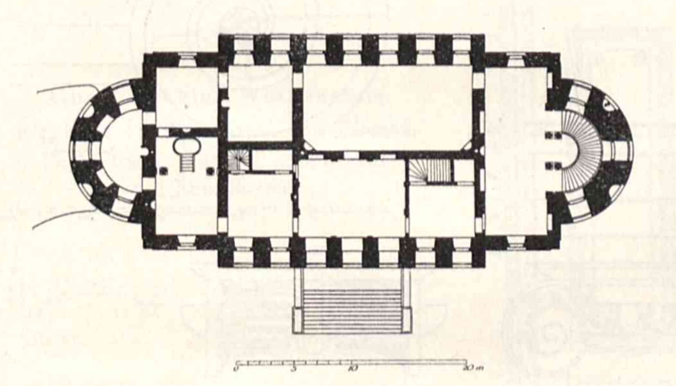


Abb. 21. Erdgeschoß.

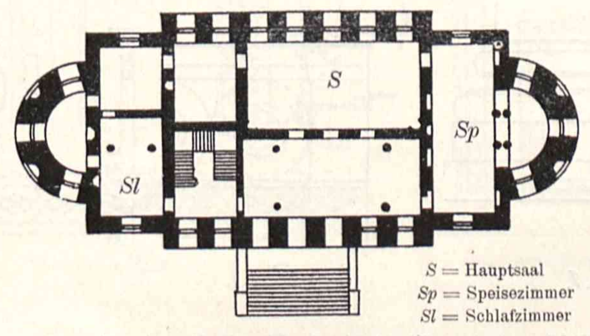


Abb. 22. Grundriß nach Apell.

An den beiden Hauptfronten ist das Erdgeschoß in der Mitte risalitartig vorgezogen und trägt an dieser Stelle acht bis zum Hauptgesims gehende ionische Säulen.[2]) In ähnlicher Art sind die beiden seitlichen Apsiden architektonisch ausgebildet. Die Attika verdeckt die dahinterliegenden flachen Dächer. An dem Hauptbaukörper bildet sie mit ihrer größeren Höhe und ihrem Gesimsabschluß einen Gegensatz zu den Apsiden, deren Attika viel niedriger und ohne Gesims aufgebaut ist. Durch diese Anordnung wird der Hauptkörper besonders hervorgehoben. In der Verlängerung jeder Säulenachse krönt die Attika je eine Vase (vgl. Text-Abb. 23 Fig. 1 u. 5), wieder den beiden Teilen entsprechend in zwei Größen und verschieden reicher Ausschmückung. Dadurch wurde die obengenannte ästhetische Absicht noch verstärkt.

Die auf den beiden Endpunkten der Mittelvorlage stehenden Vasen liegen notwendigerweise in der Diagonale der vorspringenden Ecke (Text-Abb. 23 Fig. 6). Die Reihe der übrigen Vasen rückt aber über die gegebene Flucht vor. du Ry hat auch dieses sicherlich angeordnet, um die Mitte mehr zu betonen.

Sehr bemerkenswert ist die Konstruktion des Architravs durch die Verstärkung mit Eiseneinlagen (Text-Abb. 24 Fig. 4). An den beiden Apsiden sind je zwei Nischen angebracht. Sie tragen die Statuen der vier Tageszeiten: Aurora, Apoll, Luna und Hesperus. Die Fensterarchitektur geht im Erdgeschoß und im ersten Obergeschoß bis zum Fußboden herunter, deshalb wurde eine Brüstung notwendig, die in zweierlei Ausbildung aus Stein (Text-Abb. 23 Fig. 3 und Text-Abb. 24 Fig. 1) eingesetzt worden ist. Die Fenster werden im Erdgeschoß mit Rundbogen, in den beiden oberen Stockwerken durch geraden Sturz abgeschlossen. An beiden oberen Fensterreihen ist das gleiche Rahmenprofil angewendet worden. Im ersten Obergeschoß erhalten die Fenster noch eine Gesimsverdachung (Text-Abb. 24 Fig. 2) in zweierlei Gestaltung, welche mit dazu beiträgt, eine schöne Gruppierung zu erzielen. Meine Messungen haben in den Verhältnissen der architektonischen Ordnung eine auffallende Anlehnung an Vignola ergeben. du Ry war ein großer Verehrer dieses berühmten Italieners. In einem Briefe, den er im Jahre 1795 (Gerland S. 172) an seinen in Italien weilenden Sohn Karl schreibt, mahnt er ihn:

„Übrigens bleibe bei den Regeln, die Vignola nach dem antiken Gebrauch vorgeschrieben hat.“

Folgende Gegenüberstellung zeigt den bestimmenden Einfluß Vignolas.

	du Ry	Vignola
Gesamthöhe der Säule	9 Durchmesser $3\frac{1}{2}$ Partes	9 Durchmesser —
Entfernung der Säulenachsen (an dieser Stelle einzige Abweichung von Vignola)	$7\frac{1}{4}$ Modul	$6\frac{1}{2}$ Modul
Oberer Halbmesser der Säule . .	$25\frac{1}{2}$ Partes	25 Partes
Die Fußplatte der Basis tritt vor den Säulenschaft vor	12 Partes	12 Partes
Der Säulenschaft geht bei beiden bis $\frac{1}{3}$ seiner Höhe gerade hoch, dann verjüngt er sich mit Enthasis.		
Kapitell.		
Die Entfernung des äußersten Punktes der Schnecke von der Mittelachse	$44\frac{1}{3}$ Partes	$41\frac{1}{3}$ Partes
Die Schnecke ist mit sehr geringen Abweichungen (liegt in der Bearbeitung und dem Baustoff) genau in denselben Verhältnissen wie bei Vignola konstruiert.		
Ihr Auge beträgt (Text-Abb. 23 Fig. 2)	$3\frac{1}{3}$ Partes	$3\frac{1}{3}$ Partes
Höhe des Architravs	$38\frac{1}{2}$ Partes	$37\frac{1}{2}$ Partes
Höhe des Frieses	$45\frac{3}{5}$ Partes	45 Partes
Höhe des Gesimses	$51\frac{1}{2}$ Partes	$51\frac{1}{2}$ Partes

2) Das Achsensystem dieses Teils der Fassade zeigt große Ähnlichkeit mit jenem der „Garde-meubles“ am Konkordienplatz in Paris (erbaut von Gabriel 1762 bis 1770), welches etwas reicher und in korinthischer Ordnung ausgeführt ist.

Einen Beweis, wie gewissenhaft du Ry die reine Theorie Vignolas befolgt, gibt uns die Tatsache, daß bei allen Profilen die Wasserschräge vernachlässigt ist.

Die Vasen bewirken mit ihren malerisch verzierten Blumengehängen einen vorzüglichen Gegensatz zur strengen Architektur. Trotzdem sich derselbe Grundkörper wiederholt, wurde durch verschieden angebrachte Gehänge eine reizvolle Abwechslung geschaffen. Es verrät sich hierin noch der alte Rokokokünstler.

Über die Gesamtanlage des Schlosses äußert sich Gurlitt (Barock usw. in Deutschland, S. 444): „Seine strenge Geschlossenheit, die namentlich vor der Einfügung der jetzt die drei früher getrennten Flügel verbindenden Zwischentrakte allzusehr betonte Geradlinigkeit und die Härte des Umrisses stimmen mit dem reichen Schwung der landschaftlichen Linien und dem Formenreichtum der älteren Baulichkeiten wenig überein." Wenn wir uns dieser Kritik vollkommen anschließen, so müssen wir doch die Flügelbauten du Rys, für sich allein betrachtet, zu den bedeutendsten Schöpfungen rechnen, welche dieser Stil hervorgebracht hat. In den schönsten Verhältnissen und in größter Einfachheit geben sie ein architektonisches Musterbild.

Die innere Ausstattung. Im Inneren des Weißenstein haben sich trotz der großen baulichen Veränderungen einzelne Räume in ihrer ursprünglichen Ausstattung erhalten. Wenn wir am Äußeren die große Mäßigung als einen Vorzug anerkennen mußten, so werden wir im Inneren, wo dieser Grundsatz beibehalten wurde, zum gegenteiligen Urteil gebracht. Die Gemächer wirken in ihrer klassizistischen Einfachheit kalt und öde. Die Wände sind entweder glatt vertäfelt oder mit Seidentapeten bekleidet. Auch die glatte Stuckwand kommt häufig vor.

Der Ornamentschmuck konnte nicht entbehrt werden; aber er tritt so bescheiden auf, daß er trotz der wunderbaren Zeichnung wenig zur Geltung kommt. Er findet Anwendung bei den Türen (Text-Abb. 24 Fig. 5 bis 7), den Fensternischen, an den Decken (Text-Abb. 29 u. 31 bis 33) und auf den mit Intarsien verzierten Fußböden (Text-Abb. 30). Die Deckenvoute wurde am reichsten ausgestattet, aber immer mit einem streng architektonischen Motiv.

Die Profilierung ist sehr zart, das Ornament ungemein fein. Beide zeigen den starken Einfluß klassischer Beispiele. Aber trotzdem ist in der Zeichnung des Ornaments eine gewisse Freiheit gewahrt. Sie ist von einem wundervollen Reiz, wie sie nur jene klassizistischen Meister schaffen konnten,

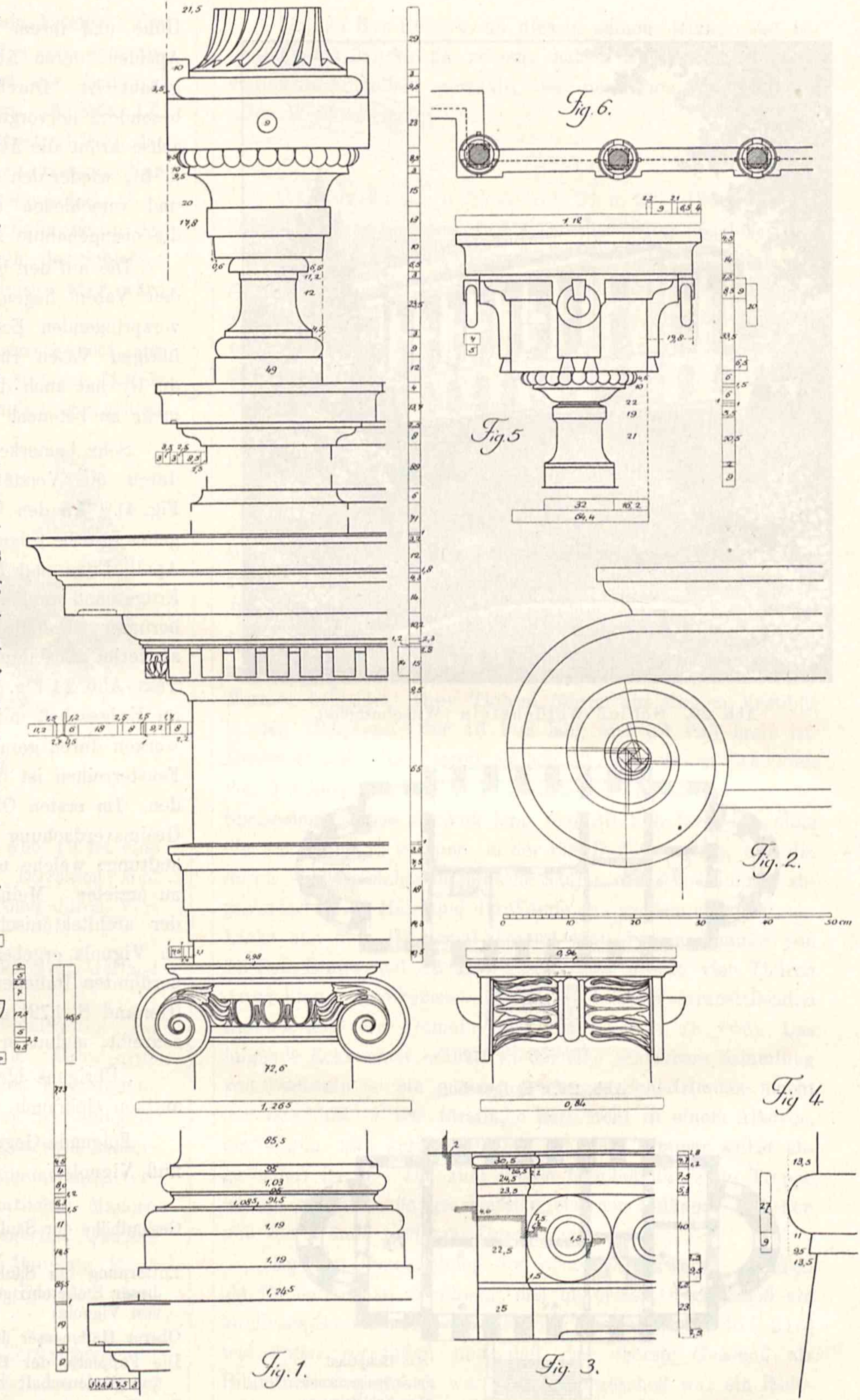


Abb. 23. Schloß Weißenstein. Fig. 1 bis 6. Einzelheiten der Fassade.

die ihre Jugend im Zeitalter des Rokoko erlebt hatten. Der Gegensatz zwischen den streng klassischen Motiven und dem eingeflochtenen und spielend verteilten zierlichen naturalistischen Blumenschmucke ist von vorzüglicher Wirkung.

Ein noch erhaltener Kamin (Abb 5 Bl. 28 und Text-Abb. 25 bis 27) aus weißem Marmor mit einem aus Holz geschnitzten Spiegelaufbau ist sehr bemerkenswert. Die Marmorbildhauerei ist von bester Arbeit — das Motiv scheint du Ry aus Italien mitgebracht zu haben. Der Aufbau wurde mit weißer Farbe überstrichen. Sein Ornament ist derber

Abb. 24. Schloß Weißenstein.
Fig. 1 bis 4. Einzelheiten der Fassade.
Fig. 5 bis 7. Tür aus dem Innern mit Einzelheiten.

Abb. 25. Einzelheit vom Kamin.

Abb. 26. Einzelheiten vom Kamin.

Abb. 27. Gesims-Unteransicht (zu Abb. 26 Fig. 1).

Abb. 28. Türschloß.

und stimmt mit dem des Unterbaues nicht zusammen. Diese Tatsache führt zu der Annahme, daß letzterer nicht ein eigener Entwurf du Rys ist. Dagegen erkennen wir in den Einzelheiten und der Gruppierung der Ornamente an der Spiegelumrahmung unsern Meister wieder. Prächtig wirkt der Fries mit den abwechselnd verschlungenen Blättern der Rose und der Eibe, aber er verträgt sich wenig mit der Akanthusranke unten. Das Motiv mit dem gefüllten Blumenkorb erinnert uns an Wilhelmstal. — Wie im Speisesaale dort finden wir auch hier die aufgesprungene Melone, den Flieder und die Weintraube. Eine bemerkenswerte dekorative Ausgestaltung hat das Schlafzimmer des ersten Obergeschosses (Text-Abb. 29 u. 30) dadurch erhalten, daß an der Decke und dem Intarsienboden dasselbe Schmuckmotiv in Anwendung kam — der verschiedenen Werkstoffbehandlung entsprechend mit Abweichungen in den Einzelheiten. Mit Ausnahme der Tapeten und des Bilderschmuckes ist auf die Farbe verzichtet worden. Wände, Decken und Türen sind weiß gehalten. Dieses trägt mit dazu bei, den kalten Eindruck zu vergrößern.

Apell berichtet (S. 108), daß die Tapeten größtenteils in Lyon, zum Teil aber auch in Hanau gewebt worden wären. Die Kamine seien von italienischem Marmor, aber von inländischen Künstlern gearbeitet.

Abb. 29 und 30.
Decke und Fußboden im Schlafzimmer.
Schloß Weißenstein.

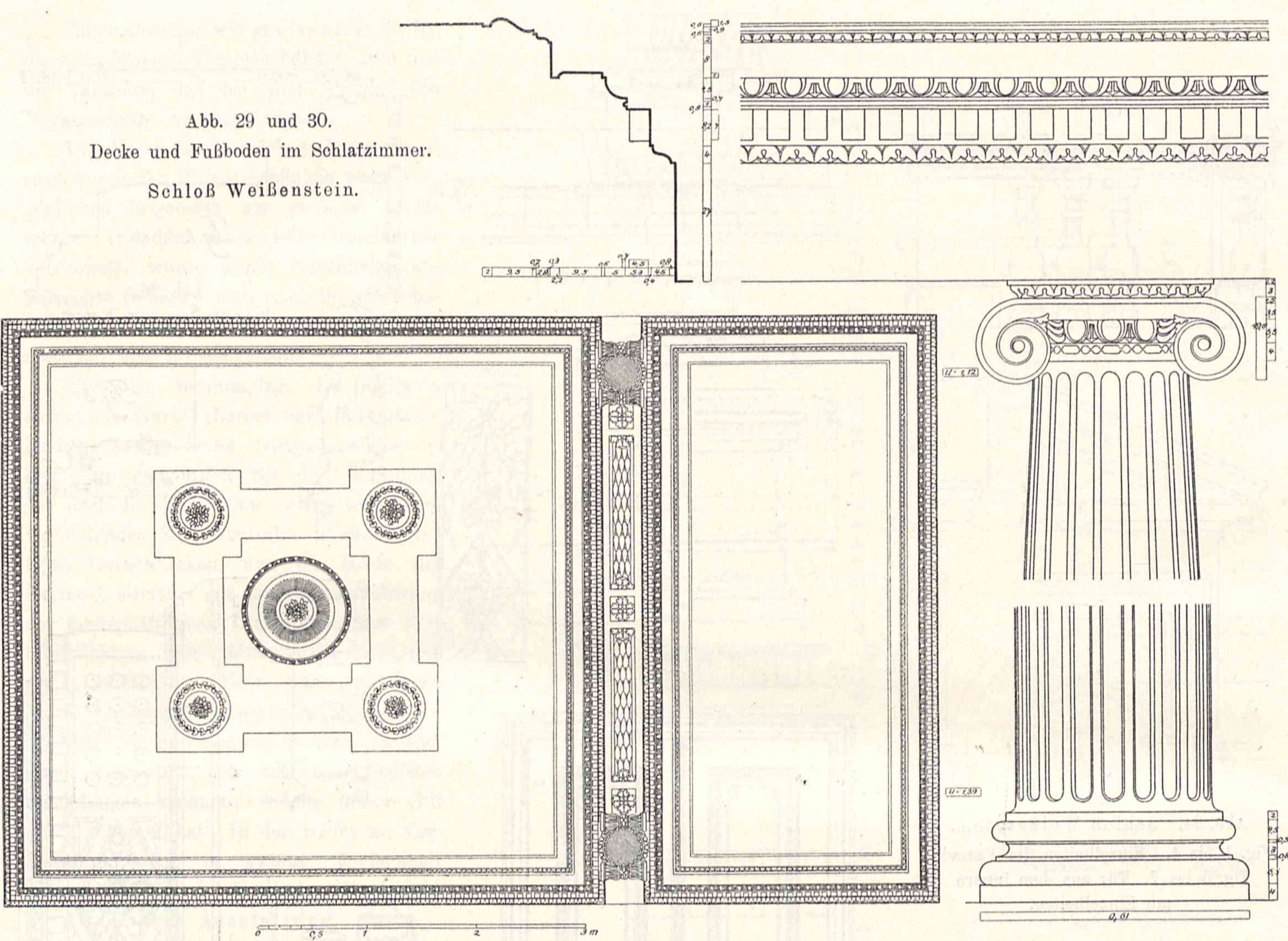


Abb. 29. Decke und Einzelheit des Säulenabschlusses.

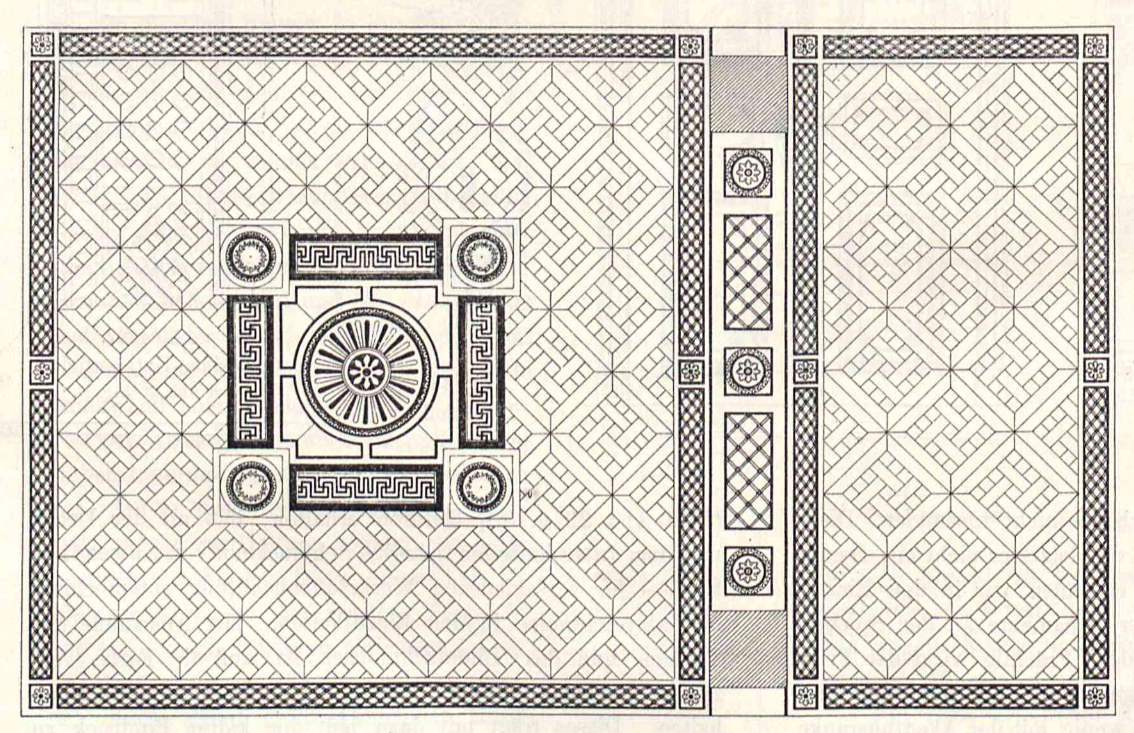


Abb. 30. Fußboden.

Der Werdegang Simon Louis du Rys als ausführender Künstler.

Nachdem wir uns mit Wilhelmstal und Wilhelmshöhe — den beiden Grenzsteinen in der Künstlerlaufbahn unseres Meisters — eingehend befaßt haben, können wir es nicht unterlassen, noch einen kurzen Blick auf jenen Weg zu werfen, der ihn vom anmutigen Lustschlößchen — in idyllischem Tal gelegen — zu dem strengen Schloßbau — auf stolzer Höhe — führte.

Wenn wir du Rys Entwicklungsgang von den ersten Lehrjahren an folgen, lernen wir schon in dem jungen Schüler eine ernste Künstlerpersönlichkeit kennen, deren Betätigungsdrang vorwiegend auf architektonisches Schaffen hinweist. Als er in Stockholm, von Horlemann vernachlässigt, im Maler Tarraval einen Freund und Lehrer fand, bestand die Möglichkeit, daß der junge empfängliche Geist von der Architektur abgelenkt werden konnte. Aber schon nach einjährigem Aufenthalt schrieb er seinem Vater: „Ich kann hier nur zeichnen lernen, denn hier ein Praktiker zu werden,

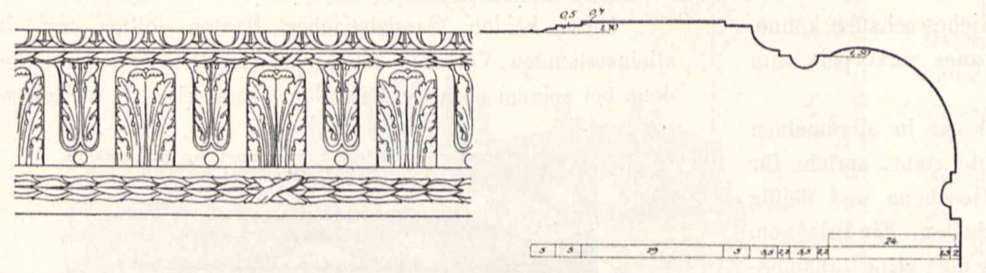


Abb. 31. Einzelheit der Voute.

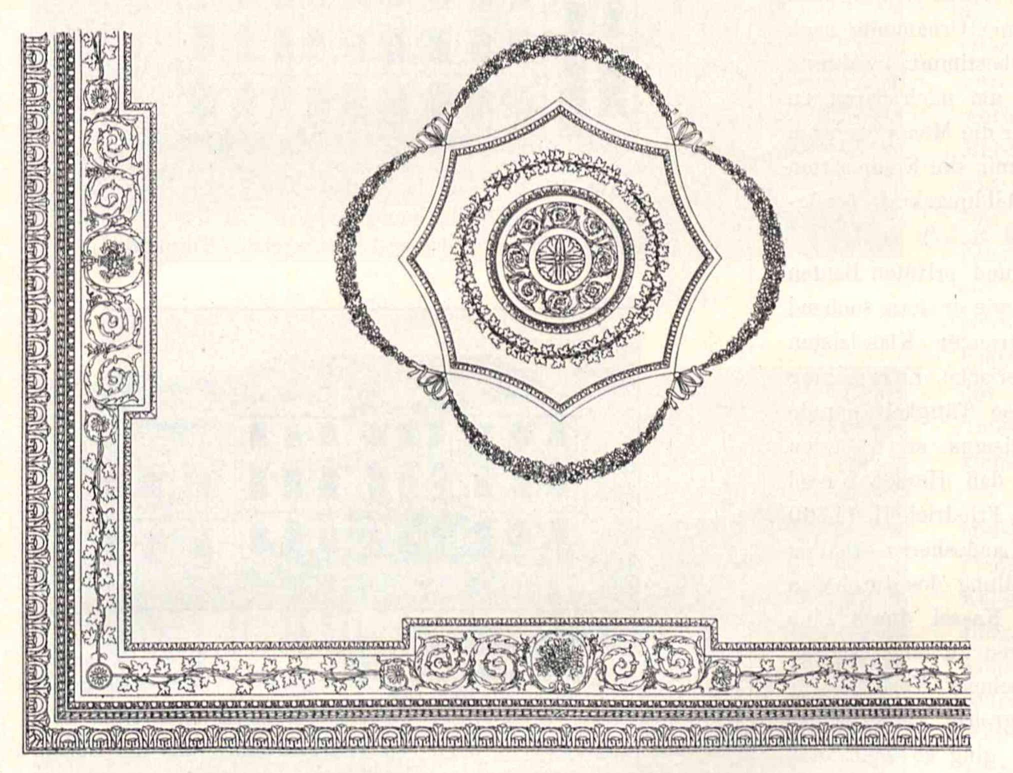


Abb. 32. Schloß Weißenstein. Decke.

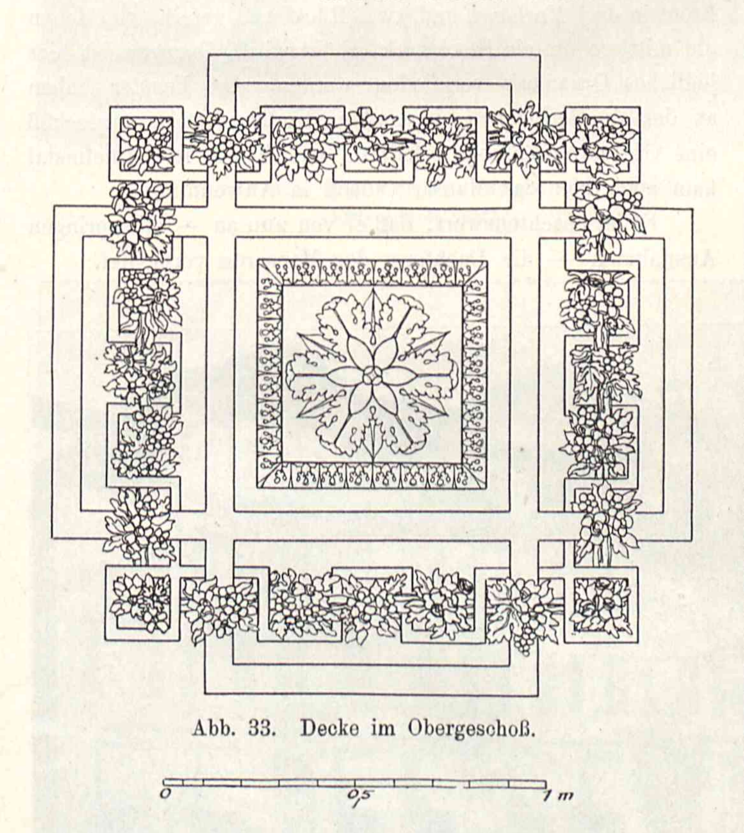


Abb. 33. Decke im Obergeschoß.

daran denke ich nicht mehr" (Gerland S. 46). — Erst in seinem nächsten Lehrer, Jaques François Blondel, sollte er den rechten Mann getroffen haben, der sein Streben am besten förderte und leitete. Blondel war unter den Rokokoklassikern der eifrigste Verfechter der Antike und der schärfste Bekämpfer der Auswüchse des Rokoko. Wie rasch sich du Ry die Ideen seines Lehrers zu eigen machte, zeigen uns seine zahlreichen Briefe, welche er während jener Zeit nach Hause sandte. Da sie zur Beurteilung seiner späteren Werke von großer Wichtigkeit sind, führen wir einige kennzeichnende Stellen daraus an. Am 5. Mai 1750 schreibt er aus Paris: „Der Hauptfehler der deutschen Architekten ist, wenn ich nicht irre, der, daß sie zu wenig wissenschaftlich ausgebildet sind; man möchte fast sagen, das Wenige, was sie überhaupt haben, halten sie für unnütz. Mir aber scheint es unmöglich, irgend etwas Erträgliches ohne Hilfe der Wissenschaft zu schaffen, und daß ein Architekt, der nicht durch sie geleitet wird, nur im Einstern tappt, und daß es ein reiner Zufall ist, wenn er etwas Erträgliches schafft. Die Einteilung des Planes, welche so interessant und doch so sehr vernachlässigt bei uns zu Lande ist, beschäftigt mich noch; ich habe das Glück, unter die Hände des Herrn Blondel gelangt zu sein, der einer der besten Einteiler von Paris ist" (Gerland S. 61).

Als eine Ergänzung zu den in diesem Briefe ausgesprochenen Grundsätzen müssen wir noch einen Bericht den er drei Jahre später aus Rom sendet, anschließen. Er lautet: „Die Stuckornamente sind hier sehr an der Tagesordnung, und man sieht ganze Schloßfassaden damit bedeckt, ganz wie es der Laune des Architekten einfällt, sie zu verteilen. Fassaden in modernem Geschmack finden sich vielfach in der Nachbarschaft der Schlösser, zu denen Michelangelo, Fontana, Bernini, Vignola usw. die Zeichnungen gemacht haben, es macht wenig Freude, diejenigen kennen zu lernen, welchen der Preis zuerkannt wird; aber unglücklicherweise herrscht hier wie in Frankreich und bei uns in Deutschland der moderne Geschmack, und man läuft Gefahr, für einen schwerfälligen Geist und als erfüllt von Vorurteilen für die Alten zu gelten, wenn man es wagt, die gegenwärtige Dekorationsweise herabzusetzen" (Gerland S. 72).

So lautete sein künstlerisches Glaubensbekenntnis, als er seine Bautätigkeit beginnen sollte.

An seinem ersten Werk in Wilhelmstal haben wir schon beobachtet, welche Theorien hierbei befolgt wurden und mit welcher Gewissenhaftigkeit — in ästhetischer Beziehung manchmal zum Nachteil — dieselben durchgeführt worden sind. Die oben geäußerte Ansicht, daß der Architekt

ohne Hilfe der Wissenschaft nichts Erträgliches schaffen könne, kommt an seinen Fassaden des Mittelbaues verkörpert zum Vorschein.

Daß die Innenausstattung dieses Schlosses im allgemeinen auf einer Stufe großer künstlerischer Reife steht, spricht für seine hohe Begabung, das in Paris Gesehene und fleißig Gezeichnete auf das vollendetste zu verarbeiten. Ein Brief vom 8. Mai 1749 berichtet, in welcher Art er dort seine ornamentalen Studien trieb: „Ich zeichne in den Zimmern des Hotel Soubise und im Innern von Notre-Dame Ornamente nach der Natur. Herr Blondel hat mich bestimmt, während einiger Monate nichts anderes zu tun, um mich daran zu gewöhnen; er zeigte mir klar, daß es nur die Menge der von mir angefertigten Zeichnungen sei, die mir die Komposition erleichtern würde, indem sie mir die Einbildungskraft bezüglich der Formen bereichere“ — (Gerland S. 57).

Bei den nun folgenden öffentlichen und privaten Bauten bewegt er sich viel freier. Wir sehen ihn, wie er stetig suchend vom Rokokoklassiker allmählich zum strengen Klassizisten wird. Es ist in bezug auf seine künstlerische Entwicklung von entscheidender Bedeutung, daß seine Tätigkeit gerade in einer Zeit beginnt, als der Klassizismus seine ersten Triumphe feiert. Dazu kommt noch, daß Hessen-Kassel nach dem Tode Wilhelms VIII. (1760) in Friedrich II. (1760 bis 1785) einen äußerst kunstliebenden Landesherrn erhalten hatte. — Dieser Fürst erhob nach Herstellung des durch den siebenjährigen Krieg zerrütteten Staates Kassel durch eine Reihe großartiger Neubauten und Stiftungen zu einer wahren Kunststadt. Er besaß eine ausgesprochene Vorliebe für Pariser Geschmack, dabei war er ein großer Verehrer des klassischen Altertums. Diese Verehrung ging so weit, daß er sich eifrig bemühte, Winckelmann in seine Dienste zu ziehen (vgl. Justi 3. Bd. S. 8). Seine rechte Hand war Simon Louis du Ry.

Als erstes Werk unter seiner Regierung — die Fertigstellung von Wilhelmstal rechnen wir hierbei nicht mehr mit — baute du Ry das Meßhaus 1763 (Text-Abb. 39). An diesem schon in ausgesprochen klassizistischen Formen, aus Fachwerk mit Bretterverkleidung und Putz aufgeführten Bauwerke verrät er sich als jugendlicher Stürmer. Eine ionische Pilasterordnung schmückt die beiden ersten Geschosse, welche durch ein kräftig ausladendes Hauptgesims bekrönt werden. Das dritte Geschoß bildet die Attika. Ein gerades flach gehaltenes Satteldach deckt das Ganze ab. In der Mitte der Pilasterreihe treten drei Joche risalitartig vor — aber in kaum bemerkbarem Maße. In der Reihe der auf beiden Seiten der Mittelvorlage sich anschließenden sieben Joche wurde das mittelste, um den Einfahrten Platz zu schaffen, bedeutend verbreitert. Diese Freiheit im Anordnen der Achsenbreiten steht im Gegensatz zu der sonst strenger durchgeführten Architektur. Bemerkenswert ist, daß die Fenster mit Rundbogen und geradem Sturz abgeschlossen sind, und daß der in Rokoko so beliebte Stichbogen vermieden worden ist.

In demselben Jahre begann der Bau der Kolonnaden, eine hufeisenförmige Säulenhalle toskanischer Ordnung, in der Mitte einen Triumphbogen einschließend. (Die Anlage ist unter Jérome zerstört worden.)

Diese beiden klassizistischen Bauten sollten nur die alleinstehenden Vorboten einer späteren Richtung darstellen, denn bei seinem nächsten Bau, dem Freiherrlich v. Waitzschen

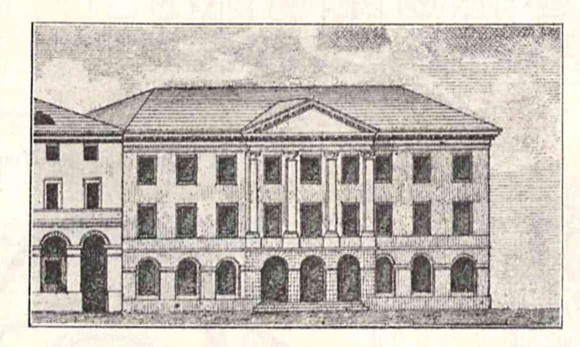


Abb. 34. Fassade der Katholischen Kirche (1768). (Nach der Zeichnung Koppens von 1830, unter Weglassung des später aufgesetzten Türmchens.)

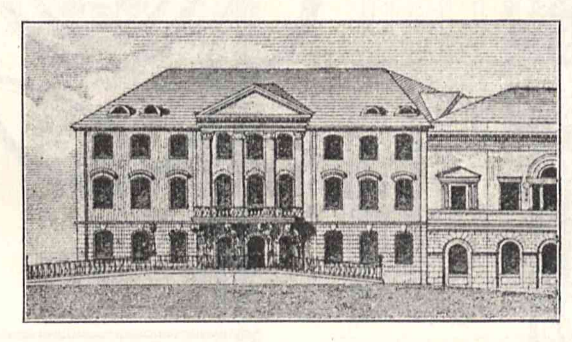


Abb. 35. Fassade des v. Jungkenschen Hauses (1767). (Nach einer Zeichnung von C. C. Koppen.)

Palais [1766] (Text-Abb. 37), greift er zum Motiv der Gartenfassade von Wilhelmstal zurück. Ebenso wie dort ist hier die Front in drei Vorlagen und zwei Rücklagen geteilt, von denen die mittlere um ein Stockwerk erhöht wird. Dagegen ist hier jegliches Ornament vermieden worden. Die Fenster haben an den durch Lisenen eingefaßten Risaliten im Hauptgeschoß eine Gesimsverdachung erhalten. Gleich wie in Wilhelmstal kam auch hier das Mansardendach in Anwendung.

Es ist beachtenswert, daß er von nun an — mit geringen Ausnahmen — die Dachform der Mansarde vermeidet.



Abb. 36. Haus des Bildhauers Nahl (1770).

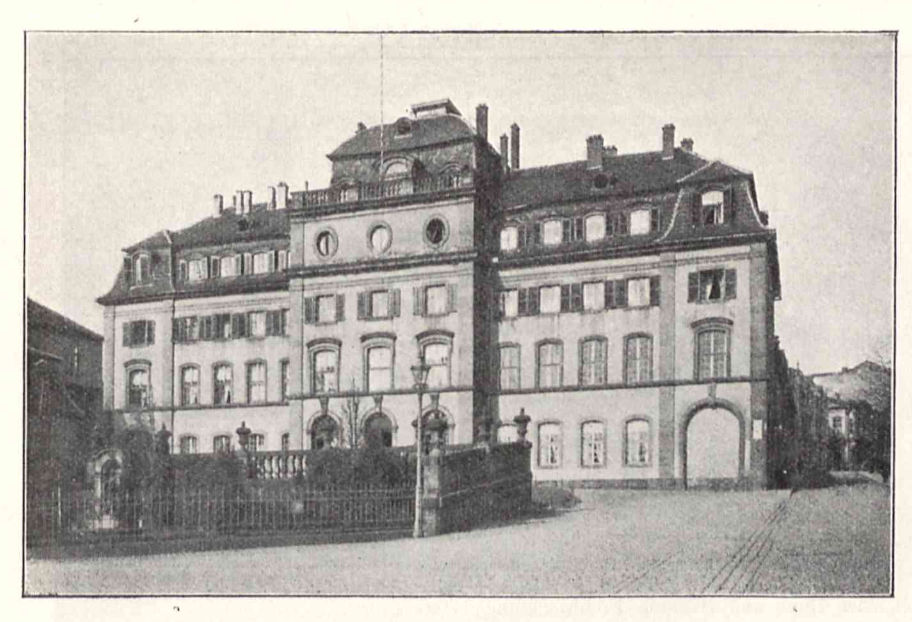


Abb. 37. Freiherrl. v. Waitzsches Haus (1766).



Abb. 38. Haus des Malers Nahl (1766).
(Erdgeschoß späterer Umbau.)



Abb. 39. Meßhaus in Kassel (1763).
(Abb. 36 bis 39 nach Aufnahmen von Wilh. Heß in Kassel.)

In demselben Jahre folgte das Haus des Malers Nahl (Text-Abb. 38), welches der Familienüberlieferung nach unserem Meister zugesprochen wird (Fenster im Erdgeschoß neu). Wir können aber den Entwurf dieses Baues nicht als Werk du Rys allein betrachten. Außer einer reichen Ornamentation zeigt es Motive, die der Art unseres Meisters geradezu widersprechen. Jedenfalls hat Nahl als Künstler entscheidend mitgewirkt. Die Gliederung der Fassade in drei Vor- und zwei Rücklagen sowie das durch ein Stockwerk erhöhte Mittelrisalit weist auf unseren Meister. Aber die beiden Eckrisalite fallen aus dem Rahmen des anderen völlig heraus. Der Maßstab der Fensteröffnungen und die Einzelheiten der Giebeldekoration ist in bezug auf die anderen Fenster und Ornamentverzierung viel zu groß und erscheint in dieser Umgebung roh. Über den Einfahrten macht das Gurtgesims die Bogenform mit — eine Tatsache, die bei du Ry sonst nie vorkommt.

Im nächsten Jahre (1767) beginnt unser Meister, der inzwischen Hofbaumeister und Professor der bürgerlichen Baukunst am Kollegium Karolinum geworden ist, das von Jungkensche Haus (Text-Abb. 35 u. 40), jetzt Königliches Palais. Hier macht sich eine bedeutende Wandlung nach klassizistischer Richtung hin bemerkbar; die Dreiteilung wird aufgegeben, die Eckrisalite fallen fort — das Mittelrisalit bleibt bestehen. Die Hauptfassade gliedert sich demnach in eine mit korinthischen Pilastern geschmückte Vorlage und zwei Rücklagen. Das Mittelrisalit, an welchem über dem Erdgeschoß ein Balkon angebracht ist, wird von einem Giebelfeld gekrönt. Trotz der klassizistischen Gliederung deutet manches auf die Gewohnheiten des Rokoko hin. So zeigen die Fenster an den Rücklagen noch den Stichbogen, und im Hauptgeschoß des Mittelrisalits sind die Rundbogenfenster mit Ornamenten geschmückt.

Mit der im Jahre 1768 begonnenen Katholischen Kirche (Text-Abb. 34) sollte er nun aber seinen ersten rein klassizistischen Bau ausführen. Die Hauptgliederung ihrer Fassade schließt sich genau dem vorigen Beispiel an. Das Mittelrisalit ist ebenfalls durch eine korinthische Pilasterordnung besonders geschmückt und im Erdgeschoß gequadert. In der Anwendung der Fensterformen macht sich an Vor- und Rücklagen kein Unterschied mehr bemerkbar; im Erdgeschoß kam der Rundbogen und in den beiden oberen Geschossen der gerade Sturz zur Anwendung. Es ist noch hervorzuheben, daß auch das Innere klassizistisch ausgebildet ist. Mit

v. Jungkensches Haus. Museum Fridericianum.

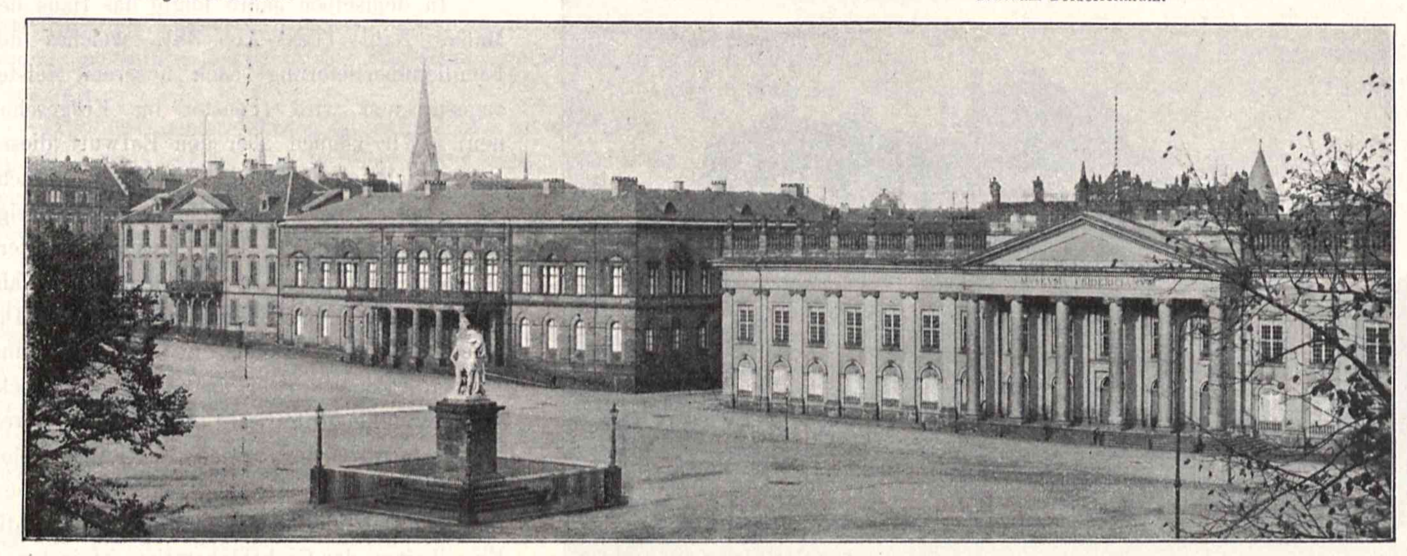


Abb. 40. v. Jungkensches Haus und Museum Fridericianum (1769).[3])

diesem Bau hatte er den Weg des Klassizismus endgültig betreten.

Die in demselben Jahre erbaute Garde-du-Corps-Kaserne stellt eine Baugruppe dar, gebildet aus drei Pavillons und zwei niedrigen Verbindungsflügeln. Der Mittelpavillon ist durch ein mit Pilastern geschmückten und von einem geraden Giebel abgeschlossenen Mittelrisalit besonders betont.

Eines seiner bedeutendsten Schöpfungen ist das Museum Fridericianum [1767 bis 1779] (Text-Abb. 40). Seine Hauptfassade gliedert sich in neunzehn durch ionische Pilaster geteilte Fensterachsen, welche von einem kräftigen Hauptgesims mit Attika und Vasenschmuck gekrönt werden. Es ist dasselbe Grundmotiv gewählt, wie wir es schon beim Meßhaus in unreiferer Form kennen lernten. In der Mitte springt ein Peristil vor, gebildet aus sechs ionischen Säulen und einem von diesen getragenen geraden Giebelfeld. Über den den Säulen entsprechenden Pilastern ist die Attika bedeutend erhöht und mit Figuren geschmückt.

Diese groß aufgefaßte Architektur kann leider durch die außerordentlich ungünstige Lage — die Oberfläche des nach der Hauptfassade zu sich senkenden Platzes steht im schiefen Winkel zum Hauptgesims — nicht zu voller Geltung gelangen. Ihre schlichte Durchbildung verrät die von England ausgehende neue Strömung.

In das Jahr 1770 fällt das Haus des Bildhauers Nahl (Text-Abb. 36). Als sein Erbauer wird du Ry genannt. Da die Hauptfassade viele Merkmale aufweist, welche sich mit den anderen Schöpfungen unseres Meisters nicht in Einklang bringen lassen, müssen wir hier — ebenso wie früher beim Maler Nahl — den Entwurf eines großen Teiles der Ausschmückung dem Bauherrn zusprechen. Auch hier weist die Hauptgliederung mit dem um ein Stockwerk erhöhten Risalit auf du Ry. Aber die Ornamentdekoration und die vertieften Flächenmuster, welch letztere du Ry niemals angewandt hat, sind Nahls Werk.

An dem in den Jahren 1770 bis 1775 aufgebauten Oberneustädter Rathaus ist das Mittelrisalit um ein Stockwerk erhöht und durch geraden Giebel abgeschlossen. Der Giebel wird von vier ionischen Pilastern, welche durch drei Stockwerke durchgehen, getragen. Diese Fassade zeigt ein Merkmal, das uns den treffendsten Beweis dafür liefert, wie weit sich du Ry in seinem stetigen Suchen wagen konnte. So hat er hier den Versuch gemacht, in dem Pfeiler einen vollen Ersatz für die Halbsäule zu schaffen, und hat deshalb den Pilastern übertrieben kräftiges Relief gegeben. Das Ganze macht einen rohen, unbeholfenen Eindruck; die tragenden Glieder passen mit ihrer Umgebung nicht zusammen.

In den Jahren 1776 bis 1777 weilte du Ry mit Friedrich II. in Italien.

Von den Bauten, welche nach dieser Reise entstanden, ist das Au-Tor zu erwähnen (Text-Abb. 41). Es wird gebildet aus zwei kleinen Wachhäuschen, die mit ihren risalitartig vor den Baukörper vortretenden drei Säulenachsen eine kleine Vorstufe zu Weißenstein darstellen, wo diese Grundform dann im großen durchgeführt wurde.

Im Jahre 1785 starb Friedrich II., und Wilhelm IX. bestieg den Thron. Unter der Regierung dieses Fürsten schuf unser Meister neben kleineren Bauten sein bedeutendstes Werk, den Weißenstein des Schlosses Wilhelmshöhe.

So hätten wir denn unsern Gang beendet. Zuerst lernten wir in Wilhelmstal den hochbegabten Schüler kennen, der seine in Paris erworbenen Kenntnisse so meisterhaft verwandte, der sich in der Innenausstattung als Ornamentiker erwies voll Phantasie und Leben.

Wir konnten dann an der Reihe seiner Bauten verfolgen, wie er die vom Rokoko bevorzugten Motive nach und nach fallen ließ, um sich immer mehr einem strengen Klassizismus zu nähern, und sahen ihn dann zuletzt ganz darin aufgehen. Wir lernten in ihm neben dem strebenden Theoretiker auch einen tüchtigen Künstler kennen. In architektonischer Beziehung stellt der Weißenstein des Schlosses Wilhelmshöhe die künstlerisch bedeutendste Schöpfung du Rys dar und reiht sich ebenbürtig den Meisterwerken dieser Stilrichtung an.

Über seine Entwicklung als Ornamentiker können wir uns nicht so entscheidend äußern, weil die große Stil-

3) Abb. 40 und 41 nach Aufnahmen der Photographischen Gesellschaft in Steglitz.



Abb. 41. Au-Tor (1782). (Verbindungsbau mit Triumphbogen spätere Zutat.)

umwälzung gerade auf diesem Gebiete zu vernichtend aufgetreten ist. Eine neue entsagende Welt verdrängte die heiteren Formen des Rokoko aus dem Inneren. Auch unser Meister sollte schon bald nach Wilhelmstal diesen Pfad betreten. Seine späteren Innendekorationen sind von vollendeter Zeichnung. Wenn auch die mit klassischen Motiven ausgestatteten Räume einen ernsten und kalten Eindruck machen, so kann sich in der Einzelbehandlung der alte Rokokokünstler nicht verleugnen.

So leuchten die graziös verteilten naturalistischen Blumen zwischen ihren strengen Nachbarn wie eine fröhliche Erinnerung an die Jugendzeit durch.

Auswechslung der Humboldthafenbrücke in Berlin.

Vom Regierungs- und Baurat Wambsganß in Berlin.

(Mit Abbildungen auf Blatt 31 bis 33 im Atlas.)

Die im Jahre 1882 in Betrieb genommene viergleisige Berliner Stadtbahn überschreitet zwischen den Stationen Friedrichstraße und Lehrter Bahnhof den Humboldthafen in einer Länge von rd. 150 m, und zwar in fünf Brückenöffnungen von je 30 m Weite (Abb. 1 u. 2 Bl. 31). Jedes Gleis ruht auf einem besonderen Überbau aus je zwei eisernen Parallelträgern mit auf die Knotenpunkte aufgelagerten Querträgern, zwischen welchen 40 cm hohe und ebenso breite, nach unten halbkreisförmig abgerundete Schienentröge angeordnet sind. Diese Tröge nehmen den Schotter auf, in welchen die Schienen gelagert sind. Hinsichtlich der näheren Einzelheiten der Anordnung der Brücken wird auf die Veröffentlichung im Jahrg. 1884 S. 134 u. ff. d. Zeitschr. Bezug genommen.

Schon damals, also bereits nach zweijährigem Bestehen der Brücke, hatte man diese Lagerung der Schienen, die wohl lediglich einer einheitlichen Durchführung des eisernen Langschwellenoberbaues auf der Stadtbahn zuliebe gewählt worden war, zur Nachahmung nicht empfehlen können, und zwar wegen der schwierigen und kostspieligen Unterhaltung des Oberbaues. Auch die im Jahre 1898 an Stelle des Langschwellenoberbaus eingebauten Blattstoßschienen der Form „Herkules“ mit einem Gewicht von 54,7 kg für das Meter bei einer Höhe von 20 cm und einer ebensolchen Breite des Fußes zeigten trotz einer kräftigen Querverbindung der Schienen miteinander kein besseres Ergebnis in wirtschaftlicher Beziehung. Diese mit der Oberbauanordnung gemachten ungünstigen Erfahrungen im Zusammenhang mit dem Umstand, daß seit den verflossenen 25 Jahren die Beanspruchungen sämtlicher Hauptteile der Überbauten in gleichem Verhältnis mit der Steigerung des Gewichts der Fahrbetriebsmittel gewachsen waren, ließen die Verstärkung der Überbauten und den Umbau einzelner Bauteile als ein unabweisbares Bedürfnis erscheinen.

Der hierfür aufgestellte Vorentwurf sah die Verstärkung der Überbauten durch Hinzufügen neuer Querschnittsteile ohne vollständige Abfangung der Träger durch Gerüste vor, wodurch die Überbauten aus der Klasse IV des Erlasses vom 1. Mai 1900 auf Klasse II gebracht worden wären. Nähere Erwägungen hatten indessen dahin geführt, von diesem Entwurf Abstand zu nehmen, da die Verstärkungsarbeiten wegen ihres Umfanges zum größten Teil unter den Betriebslasten hätten bewirkt werden müssen und eine Verstärkung der Hauptträger durch Hinzufügen neuer Querschnittsteile in Rücksicht auf die Betriebssicherheit nur beim vollständigen Abfangen der Brücken durch starke Gerüste, die die Betriebs-

last zu tragen vermochten, durchführbar gewesen wäre. Hierdurch würden aber die Kosten der Verstärkung bei der Schwierigkeit der Herstellung der Gerüste unter den Brücken, namentlich bei den in Abb. 1 Bl. 31 ersichtlichen ungünstigen Bodenverhältnissen auf der westlichen Hälfte der Brücke ganz erheblich vermehrt worden sein.

Aus diesen Gründen wurde ein neuer Plan verfolgt, der die Verstärkung der Überbauten durch einen dritten Hauptträger erreichen wollte, dessen Einbau zwischen den beiden Hauptträgern eines Überbaues ohne jede Betriebsgefahr und ohne starke Gerüste auch während des Betriebes möglich war und die Überbauten statt in Klasse II in die Klasse Ia des Erlasses vom 1. Mai 1903 (S. 302, Jahrg. 1903 des Zentralblattes der Bauverwaltung) gebracht hätte. Längsansicht und Querschnitte des Trägers sind auf Abb. 1 bis 12 Bl. 32 gezeichnet. Gleichzeitig mit diesem Vorteil wurde noch erreicht, daß auch die Querträger durch geringe Verstärkungen die Tragfähigkeit für Klasse Ia erlangten und daß eine Auswechslung der alten Lager unnötig wurde. Die Auflagerung der Querträger auf dem neuen Hauptträger sollte, wie in der Abb. 2 Bl. 32 dargestellt, durch eine Keilstellvorrichtung gesichert werden. Später sollten dann, in einem zweiten Abschnitt der Verstärkungsarbeiten, die Schienentröge während der nächtlichen Betriebspausen von drei bis vier Stunden beseitigt und an ihre Stelle zunächst Hilfslängsträger, dann in einer weiteren Betriebspause die letzteren durch die Schwellenlängsträger ersetzt und zugleich die Querschwellen eingezogen werden.

Wenn auch der Einbau des dritten Hauptträgers nach dem vorerläuterten Vorschlage ohne Störung des Betriebes ausführbar ist, um so umständlicher und zugleich kostspieliger ist aber der Ersatz der Schienentröge, selbst unter Anwendung von zweckmäßigen Hebemaschinen, weil die Auswechslung dieser Teile der Überbauten nur in den nächtlichen Betriebspausen und unter mehrmaligem Aufnehmen und Wiederverlegen des Oberbaues ausführbar ist. An Stelle der hierfür anfänglich vorgesehenen 40 nächtlichen Betriebspausen würde höchstwahrscheinlich das Drei- bis Vierfache nötig geworden und dann entsprechend auch der Kostenbetrag erheblich vermehrt worden sein. Außerdem ist noch zu berücksichtigen, daß eine angemessene Verteilung der Lasten auf die drei Hauptträger mittels der Keilstellvorrichtung unsicher ist und deswegen die Erhaltung der geregelten Beanspruchung der drei Hauptträger besonderer Sorgfalt bedurft hätte.

Die Erörterung dieser Ausführungsschwierigkeiten bei Gelegenheit einer Etatsbereisung der Bahnstrecke veranlaßte Herrn Geheimen Oberbaurat Blum zur Anregung der Frage, ob nicht unter diesen Umständen die Auswechslung der Brücken statt der Verstärkung, zumal diese im allgemeinen doch nicht zu einer befriedigenden Lösung führe, in Erwägung zu nehmen sei. Dieser Anregung folgend wurde zunächst der Plan verfolgt, je zwei benachbarte Überbauten durch unterzufahrende Prahme, und zwar durch Leichterung von ihrem Wasserballast anzuheben, auszufahren und dafür zwei neue Überbauten auf umgekehrtem Wege einzufahren und auf die Lager abzusenken. Der Plan wurde mit einer zuverlässigen Brückenbauanstalt eingehend besprochen, worauf auch ein entsprechendes Angebot zugleich mit dem für den Einbau des dritten Hauptträgers erfolgte. Das Ergebnis der Ausschreibung erbrachte den Beweis, daß die Auswechslung der Überbauten sich billiger stellte als die Einziehung des dritten Hauptträgers und die dadurch außerdem erforderliche Auswechslung der Schienentröge und Verstärkung der Querträger.

Bei der näheren Beleuchtung des Planes des Aus- und Einschwimmens der Überbauten konnte man sich aber doch nicht des Gedankens erwehren, daß die Bewegung der Überbauten auf dem Wasser auf ungeahnte Schwierigkeiten stoßen und daß namentlich die gegebene Betriebspause zum Aus- und Einschwimmen nicht ausreichen könnte. In solchem Falle würden dann die beiden Stadtgleise oder die beiden Ferngleise unterbrochen sein, was eine unzulässige Störung des Verkehrs im Gefolge hätte. Hierzu trat noch die Notwendigkeit der Einhaltung der inzwischen von der Ministerial-Baukommission u. a. aufgestellten Bedingung, daß bei der Ausführung der Arbeiten nur ein beschränkter Teil des Humboldthafens in Anspruch genommen und ferner, daß stets nur eine Öffnung der Brücke für die Schiffahrt vollständig gesperrt werden dürfe.

Bei der demnächst erfolgten Ausschreibung der Auswechslung der Überbauten wurde daher nicht nur das Aus- und Einschwimmen, sondern auch die Auswechslung mit Kranen empfohlen und den Bewerbern außerdem die Angabe anderer Arten der Auswechslung anheimgestellt. Von den zehn zur Einreichung von Angeboten aufgeforderten bedeutendsten Brückenbaufirmen Deutschlands wurden im ganzen 22 Angebote mit drei Arten der Auswechslung abgegeben, und zwar die Auswechslung mit Hilfe von:

1. Notbrücken und Gleisverschwenkungen in 2 Angeboten = 9 vH.,
2. schwimmenden Rüstungen in 5 Angeboten = 23 vH.,
3. festen Kranen in 15 Angeboten = 68 vH.

Die Wahl des Zuschlags war hauptsächlich von der zu erwartenden Sicherheit des Gelingens der Auswechslung der Brücken innerhalb der zur Verfügung stehenden nächtlichen Betriebspause von drei Stunden abhängig zu machen. Es dürfte daher von Wert sein, diese drei Arten der Vorschläge zunächst im allgemeinen und dann besonders von dem Gesichtspunkte der Sicherheit ihrer Durchführung zu erörtern.

Zu 1. In Vorschlag gebracht war die Erbauung einer Notbrücke aus neuen Überbauten auf der nördlichen Seite der Brücke über die fünf Öffnungen hintereinander. Alle vier Gleise sollten dann um eine Gleisbreite nach Norden verschwenkt werden, wodurch die fünf Überbauten des südlichsten Gleises frei werden und ihrerseits zu einer zweiten Notbrücke auf dieser Seite der Brücke in gleicher Weise wie auf der nördlichen verwendet werden können. An Stelle der Überbauten des jetzigen südlichen Gleises werden dann neue Brücken eingebaut, darauf die beiden südlichsten Gleise auf die Notbrücken und die benachbarten neuen Überbauten verschoben, wodurch die beiden mittleren Überbauten zur Auswechslung frei werden. Nach mehrmaligen Verschwenkungen der Gleise ist dann die Erneuerung sämtlicher Überbauten möglich, ohne daß man sich auf die Betriebspausen zu beschränken braucht.

Von der vorschlagenden Firma wurde noch besonders hervorgehoben, daß diese Auswechslungsart frei von unvorher-

gesehenen störenden Einflüssen und daß sie überhaupt den denkbar höchsten Grad der Sicherheit besäße. Bei näherer Beleuchtung dieses Vorschlags erscheinen indessen die Schwierigkeiten von der eigentlichen Auswechslung auf das Gebiet der Nebenarbeiten verschoben, die vorher und im Gefolge der Auswechslungsart nötig werden. Die verschwenkte Lage der Gleise über den an die Humboldthafenbrücke anstoßenden Brücken über die Ladestraßen und die benachbarten Uferstraßen erfordert vollständige und sorgfältigste Unterfangung und Verbreiterung der vier bezeichneten Überführungen, auch ist wegen der daselbst angewandten Schienentröge eine Veränderung der Höhenlage der Schienen nicht zu umgehen. Im übrigen können die Verschwenkungen der Gleise wegen der örtlichen Verhältnisse mit einem Halbmesser von nur 180 m und ohne Zwischengrade durchgeführt werden, wodurch dem Betriebe nicht unerhebliche Schwierigkeiten erwachsen würden. Aus diesen Gründen wurde von der Weiterverfolgung dieses Vorschlages, ebenso wie von einem zweiten ähnlicher Art abgesehen.

Zu 2. Bei dem Aus- und Einschwimmen der Überbauten ist es erforderlich, zwei benachbarte Brücken zusammen auszuwechseln, was die Bewegung großer Lasten von 160 t bedingt und zweifellos die Auswechslung an sich erschwert. Für das Ausschwimmen sowohl wie für das Einschwimmen ist je eine Schiffsrüstung nötig, die jede für sich oder auch beide zusammen auf Prahme aufgesetzt werden. In dem ersten Falle ist mit zwei Prahmrüstungen zu fahren, was größere Hafenfläche für die Zeit des Aus- und Einschwimmens erfordert; im zweiten Falle wird die Länge der Prahme nahezu doppelt so groß und ihre Beweglichkeit entsprechend erschwert. Die neuen Brücken werden auf den Prahmrüstungen immer zu zweien in solcher Lage zueinander zusammengebaut, wie die auszuschwimmenden zueinander gelagert sind. An den beiden Enden der Prahme werden Lokomobilen mit Kreiselpumpen aufgestellt, die den Wasserballast nach der erforderlichen Höhenlage der Rüstungen zu regeln haben. — So einfach dieser Plan der Auswechslung auch an sich erscheint, so sind doch auch diesem die örtlichen Verhältnisse insofern hinderlich, als die scharf vorspringenden Hafenecken auf der Südseite der Brücke dem Aus- und Einfahren der vier in Frage kommenden Überbauten im Wege sind. Überdies stellen sich einer etwa nötig werdenden wagerechten Verschiebung der Brücken nach irgend einer Richtung während des Absenkens bedeutende Widerstände entgegen, so daß hierbei Schrägstellungen und Klemmungen nicht ausgeschlossen sind, zu deren Beseitigung ein Wiederanheben der Überbauten und kleinere Verschiebungen der Prahme nötig werden. Diese Schwierigkeiten, deren Überwindung gerade während der Nachtzeit, wo die Übersicht erschwert ist, gefordert werden muß, insbesondere die Unsicherheit der rechtzeitigen Vollendung des Aus- und Einschwimmens der Überbauten während der gegebenen Betriebspause, ließen von der Weiterverfolgung auch dieses Planes absehen.

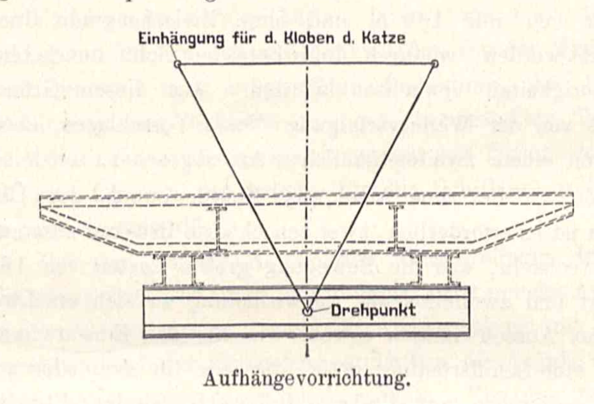
Zu 3. Bei der Auswechslung der Überbauten mittels fester Krane werden die Brücken einzeln nacheinander ausgewechselt. Zwei Bockkrane werden über die vier Gleise gespannt und außerdem über einen freien Raum entweder zu beiden Seiten oder auch nur an einer Seite des Brückenkörpers, der so breit ist, daß hier ein neuer Überbau bequem hochgenommen und ein alter niedergelassen werden kann. Die Krane stehen mit ihren Stützen auf Gleisbrücken, die auf Pfahlgruppen in der Verlängerung der Brückenpfeiler aufgelagert sind. Die Bockkrane können in der Richtung der Gleise auf Wagen verschoben werden. Das Aufziehen der Brücken wird durch Winden bewirkt, die auf den Bockkranen quer zu den Betriebsgleisen bewegt werden. Ein angehängter alter Überbau wird aus seinem Lagerort herausgehoben, seitlich bewegt und in der Lücke zwischen Bahnkörper und Fahrbahn der Krane auf Prahme abgesetzt. Auf gleiche Weise wird ein neuer Überbau von den Prahmen abgehoben, seitwärts bis zu der durch Fortnahme des alten Überbaues entstandenen Lücke bewegt und dort auf die Lager niedergelassen. Die Auswechslung der Überbauten nach diesem Arbeitsvorgang erschien so einfach und die Einhaltung der gegebenen Arbeitspausen so gesichert, daß dieser Auswechslungsart vor allen andern der Vorzug gegeben wurde. Die Einfachheit der Auswechslung ist noch dadurch besonders gekennzeichnet, daß 63 vH. aller Angebote diese Art mit größeren oder geringeren Abweichungen gewählt hatten. Auch wurde die Wahl noch dadurch erleichtert, daß die Kosten der Auswechslung sich nach diesem Verfahren am geringsten stellten.

Mit der Ausführung wurde die Königs- und Laurahütte betraut. Sie begann die Arbeiten im Juni 1907 mit dem Aufbau des Gerüstes für die Zusammenstellung der beiden Bockkrane und der Pfahlgruppen für die Auflagerung der Träger der Bockkrangleise in der Verlängerung der Brückenpfeiler. Wie aus Abb. 2 Bl. 31 ersichtlich, entfernen sich die Gleise in der westlichsten Öffnung von einander wegen der weiter westlich erfolgten Anordnung der Bahnsteigbreiten zwischen den Stadt- und Ferngleisen. Die Breite des Bahnkörpers an dieser Stelle der Brücke war daher für die Wahl der lichten Weite der Krane maßgebend. Ihre Aufstellung an dieser Stelle wurde dadurch begünstigt, daß in den Zwischenräumen zwischen den Fern- und Stadtgleisen Holzgerüste zur Unterstützung der Kranträger bei ihrer Zusammenstellung errichtet werden konnten. Die lichte Weite der Krane ergab sich hiernach zu 40 m (vgl. Abb. 19 u. 20 Bl. 32). Die Unterkante der Kranträger ist 10 m über Schienenoberkante angeordnet, um nötigenfalls die Überbauten beim Auswechseln außerhalb der Umgrenzung des lichten Raumes hinwegbewegen zu können. Die Kranträger wie deren Stützen sind in Fachwerk hergestellt und so stark gebaut, daß eine neue Brücke von 80 t in der Mitte und gleichzeitig ein alter Überbau von 70 t an der Seite hängen kann. Die beiden Kranträger sind 3 m voneinander entfernt, in der Mitte 5 m, an den Enden 3,117 m hoch und tragen zwischen sich das Gleis für die Winden zum Aufziehen der Überbauten, je vier für eine alte und neue Brücke. Um Platz für das Hinausschieben eines Paares Winden zu gewinnen, wenn das andere Paar zum Aufziehen eines neuen Überbaues benutzt werden muß, sind die Kranträger über ihre Stützpunkte hinaus noch um 5,5 m verlängert. An der einen Seite der Kranbrücke ist ein Laufsteg von 1 m Breite angeordnet, der gleichzeitig zur Aussteifung der unteren Gurtung des einen Kranträgers im wagerechten Sinne dient, während die oberen Gurtungen der Kranträger durch besondere Konstruktionen miteinander verbunden sind. Ein Querschnitt durch den Hauptträger des Bockkranes nebst Ansicht

und Einzelheiten ist in Abb. 15 bis 18 Bl. 32 angegeben. Die Kranstützen endigen in zwei Kugellagern, die 6 m voneinander entfernt auf vierrädrigen Wagen aufgebaut sind. Die 1,5 m weiten Gleise der letzteren ruhen auf vier miteinander gekuppelten Fachwerkträgern von rd. 32 m Länge. Es sind vier solcher Träger zur Unterstützung eines Gleises gewählt, um sie beim Fortgang der Arbeiten leichter umsetzen zu können. Die Gleisträger sind auf Pfahlgruppen aufgelagert aus je zwölf 35 cm starken Rundpfählen bestehend, die im ungünstigsten Falle mit je 5 t belastet werden. Die Anordnung der Pfahlgruppen ist auf Bl. 31 Abb. 3 u. 4 ersichtlich.

Die Zusammensetzung der neuen Brücken, die der Anordnung der alten im allgemeinen gleichen, erfolgt auf zwei schwimmenden Rüstungen, Abb. 5 bis 11 Bl. 31, welche aus je sieben Stück 12,4 m langen, 3 m breiten und 1,6 m hohen eisernen Prahmen bestehen und zu beiden Seiten derjenigen Brückenöffnung festgelegt werden, deren Überbauten zunächst ausgewechselt werden sollen. Die schwimmenden Rüstungen vermögen zwei Überbauten zu tragen. Die Hebevorrichtung besteht aus Winden mit Handbetrieb, die im allgemeinen den gewöhnlichen Bauwinden gleichen. Von Dampf- oder elektrischem Antrieb ist wegen des möglichen Versagens der Motore abgesehen. Jede Winde wird von acht Mann bedient und ist mit einer kräftigen Bandbremse versehen, die das Gewicht der Hälfte eines Überbaues zu halten vermag. Die Geschwindigkeit, mit der die Lasten gehoben und gesenkt werden, beträgt 10 cm bezw. 15 cm in der Minute, die Geschwindigkeit in der wagerechten Ebene dagegen 6 m. An jede Winde ist ein Drahtseilflaschenzug mit 2×4 Rollen gehängt, die im ganzen $^1/_4$ des Überbaues, also 20 t zu tragen haben. Das Kabelseil ist 21 mm stark und besteht aus 294 Drähten von 0,7 mm Dicke oder 0,39 qmm im Querschnitt aus Tiegelgußstahl. Ein einzelner Draht bricht bei einer Belastung von 64 kg, die Bruchfestigkeit des Kabelseils kann daher zu 17 t angenommen werden, während es nur mit einem Gewicht von $\frac{20}{8} = 2{,}5$ t oder unter Berücksichtigung der zu überwindenden Rollenreibung beim Anheben oder Senken der Last mit rd. 3,25 t belastet wird. Im ungünstigen Falle ist daher noch eine fünffache Sicherheit vorhanden. Dabei ist freilich vorausgesetzt, daß jede Winde stets nur $^1/_4$ des Gewichts eines Überbaues zu halten hat, was jedoch bei der bisher angewandten Gestaltung der Querstücke (Traversen), wie sie in Abb. 13 u. 14 Bl. 32 abgebildet ist, nicht immer zuzutreffen braucht.

Bei den neuen Überbauten wird das Querstück unter die obere Gurtung derselben gelegt; bei den alten Überbauten muß es unter die untere Gurtung gelegt werden, weil die obere zu schwach ist. Bei dieser Gestalt und Lagerung der Querstücke ist nicht ausgeschlossen, daß zwei diagonal gegenüberliegende Winden die ganze Last, also jede die Hälfte oder = 40 t zu halten hat, wenn die beiden anderen Winden nur scheinbar tragen helfen. In solchem Falle würde das Kabelseil mit $2 \times 3{,}25 = 6{,}5$ t belastet werden, wobei allerdings noch eine zweieinhalbfache Sicherheit gewahrt ist. Um die Möglichkeit der Verdopplung der Belastung auszuschließen, ist beabsichtigt, die Querstücke gemäß allgemeiner Angabe in nachstehender Abbildung umzugestalten. Durch den hierbei angewandten Ausgleichhebel ist die gleichmäßige Verteilung der Lasten auf zwei benachbarte Seile gesichert. Für den Fall eines Seilbruchs muß der Ausgleichhebel mit Fangvorrichtung versehen werden, um beim Reißen eines Seils den auf das andere Seil ausgeübten Schlag möglichst abzuschwächen. Da aber die Fangvorrichtung eine unerwünschte Anhäufung von Einzelkonstruktionsteilen erfordert, ist auch die Anwendung von einfachen festen Querstücken erwogen, an welchen die Aufhängungsseile nicht senkrecht, sondern in gespreizter Stellung angreifen. Bei dieser Aufhängungsart macht sich eine ungleichmäßige Arbeit der Winden beim Anheben oder Senken der Brücken durch Windschiefstellung des Brückenkörpers schon bei einem geringen Unterschied in der Spannung der Seile dem Auge bemerkbar, was eine rechtzeitige Regelung der Seilspannung erleichtert.



Aufhängevorrichtung.

Der Vorgang bei einer Auswechslung ist folgender. Die über beide Enden der auszuwechselnden Brücke hinüberreichenden Schienen des Gleises werden entfernt, darauf wird der Überbau an jedem Ende an einem Querstück mit zwei Haken gefaßt, von den Lagern abgehoben und über die verbleibenden Brücken hinweg seitwärts bis zu dem Zwischenraum zwischen Krangleis und Brückengeländer bewegt, um dort auf die schwimmende Rüstung abgesetzt zu werden. Die vier anderen Winden heben einen neuen mit Schwellen, Schienen und Bohlenbelag versehenen Überbau von dem zweiten schwimmenden Gerüst ab, bewegen ihn seitwärts bis zu der Lücke des alten Überbaues, wo er auf die Lager abgesetzt wird. Mittels dreier an jedem Ende des Überbaues angreifender Handflaschenzüge wird er, während er dicht über den Lagern in der Schwebe gehalten wird, in der Quer- und Längsrichtung nach Bedarf so weit verzogen, bis er genau auf die Lager paßt. Sobald das Gleis wieder zugelegt ist, erfolgt die Belastungsprobe und demnächst die Übergabe der Brücke an den Betrieb. Sind die vier Brücken einer Öffnung ausgewechselt, so werden die schwimmenden Rüstungen nach der nächsten Öffnung umgesetzt und die Krane um etwa 30 m vorgeschoben.

Die Auswechslung eines Überbaues erfordert 110 bis 130 Minuten, wobei vorausgesetzt ist, daß der neue einzuwechselnde Überbau bereits am Tage so hoch gehoben ist, daß er in der nächstfolgenden nächtlichen Betriebspause nur noch in wagerechter Ebene bewegt und dann gesenkt werden braucht. Der übrige Teil der Betriebspausen wird für die Aufnahme und Wiederverlegung des Oberbaues und für die Belastungsproben in Anspruch genommen. Die beiden Lichtbilder, Abb. 1 u. 2 Bl. 33, zeigen einen solchen aufgehobenen Überbau. In dem Hintergrund von Abb. 1 ist noch das Holzgerüst für die Aufstellung der Krane zu sehen, das in-

zwischen abgebrochen ist. Der Abbau der Krane erfolgt nach Beendigung der Auswechslungsarbeiten am östlichen Endpfeiler der Humboldthafenbrücken.

Die Zusammenstellung eines neuen Überbaues auf dem Prahmgerüst wird durchschnittlich in drei Wochen bewirkt. Da gleichzeitig drei Brücken in Arbeit sein können, der vierte Platz auf dem Gerüst für das Absetzen eines alten Überbaues frei bleiben muß, so kann in jeder Woche ein Überbau fertiggestellt werden. Das Umstellen der Rüstungen und der Kranlaufbrücken erfordert eine Woche, das Auswechseln der 20 Überbauten daher rd. 25 Wochen.

Es wurde darauf Gewicht gelegt, daß die ausgewechselten alten Überbauten möglichst schnell von der schwimmenden Rüstung wieder entfernt werden, um den Platz für die Zusammenstellung der neuen Überbauten zur Verfügung zu haben. Um die Zerlegung der alten Brücken zu beschleunigen, ist das Schneidverfahren mittels Wasserstoff und Sauerstoff angewendet worden. Das Verfahren beruht darauf, daß eine kleine Stelle des zu schneidenden Eisens durch eine Wasserstoffflamme auf Verbrennungshitze vorgewärmt und dann Sauerstoff unter bestimmtem Druck und in einer bestimmten Strahlform aufgeblasen und der Brenner langsam von Hand längs der auszuschneidenden Bahn geführt wird. Die Zerlegung der alten Brücken mittels dieses Verfahrens wird in zwei Tagen von zwei Mann bewirkt, während sonst zwölf Tagewerke erforderlich würden. Die Kosten stellen sich etwa auf ein Drittel der Handarbeit.

Nach diesem Auswechslungsverfahren waren bis zum 20. Dezember v. J. drei Brücken bereits erneuert. Bei der Auswechslung des vierten Überbaues im Ferngleise Friedrichstraße — Zoologischer Garten ereignete sich ein Unfall, dessen Ursache bisher noch nicht hat genau aufgeklärt werden können. Nachdem der alte Überbau beseitigt worden war, sollte der neue, der zur Vorbereitung der Auswechslung bereits um 4 Uhr nachmittags von dem Prahmgerüst in die Höhe genommen war und in dieser Lage in den Drahtseilen bis 1 Uhr nachts hing und dann in der Betriebspause seitwärts bis zur Lücke bewegt worden war, auf seine Lager abgesenkt werden. Die Brücke war kaum 40 cm gesenkt, als das die südwestliche Ecke des Überbaues fassende Drahtseil riß, infolgedessen das Querstück von dem unversehrt gebliebenen Drahtseil der anderen Ecke unter der Gurtung durchgezogen wurde und der Überbau mit seiner östlichen Hälfte etwa 12 m herab ins Wasser schlug, während er am westlichen Ende von den Drahtseilen des anderen Krans festgehalten wurde. Der abgestürzte Überbau wurde, nachdem die Krane von der Last des alten noch hängenden Überbaues befreit waren und der östliche Kran der Lage des Angriffspunktes des Querstückes entsprechend etwas nach Westen zu verschoben war, wieder aufgezogen. Bei der genauen Untersuchung des Überbaues konnten nur unwesentliche, die Tragfähigkeit nicht beeinflussende Beschädigungen bemerkt werden, weshalb die Brücke ohne weiteres auf ihre Auflager gelegt werden durfte. Bei der darauf angestellten Belastungsprobe zeigte der Überbau keinerlei Unterschied von den bereits eingelegten neuen Überbauten, infolgedessen er dem Betrieb übergeben werden konnte. Daß der Absturz des Überbaues ohne wesentliche Beschädigungen ablief, ist dem Umstande zu verdanken, daß die Brücke auf im Wasser liegende Baumstämme aufschlug, der Untergrund an dieser Stelle des Hafens besonders seicht ist und die Brücke an ihren westlichen Ecken von den Drahtseilen gut gehalten wurde. So günstig diese Umstände für eine schnelle Behebung der Folgen des Unfalls auch lagen, um so fühlbarer war doch die Störung des Eisenbahnbetriebes, der 31 Stunden auf dem betreffenden Gleise gerade bei dem einsetzenden Festverkehr unterbrochen war. Worauf der Bruch des 17 t Tragfähigkeit zeigenden Drahtseils zurückzuführen ist, hat sich bis jetzt nicht feststellen lassen. Vermutlich war beim Senken des Überbaues der infolge der Ausbildung der Querstücke mögliche Zustand eingetreten, daß der Überbau wegen nicht gleichmäßigen Ablassens der Seile von den Windetrommeln nur an zwei diagonal gegenüberliegenden Ecken gehalten war und die Seile dadurch mit der doppelten Last beansprucht wurden. Aber auch bei dieser Belastung hätte das Seil, bei noch $2^1/_2$ facher Sicherheit, nicht brechen können, wenn nicht, wie vorläufig angenommen werden muß, das Seil vor dem Beginn des Senkens auf der Trommel eine äußere unbemerkt gebliebene Beschädigung erlitten hat. Die Übertragung der Last der einen Hälfte der Brücke auf nur eine Winde wird für die Zukunft durch die oben angedeutete Änderung der Anordnung der Querstücke ausgeschlossen. Der Sicherheit halber werden ferner Seile von 22 mm Stärke mit 324 Fäden von 0,8 mm Stärke aus Tiegelgußstahl und mit einer Bruchfestigkeit von 26 t verwendet werden.

Die Kosten für die Auswechslung der zwanzig Überbauten betragen 800 Mark für 1 m Gleislänge, wobei der Erlös für die alten Überbauten berücksichtigt ist.

Die Auswechslung aller Überbauten wird voraussichtlich bis Juli d. J. bewirkt sein.

Die Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau in Berlin.

Vom Geheimen Baurat Eger und Marine-Baurat Dix in Berlin und Wasserbauinspektor R. Seifert in Hannover.

(Mit Abbildungen auf Blatt 34 bis 36 im Atlas.)

(Fortsetzung und Schluß aus Jahrgang 1907 S. 253.)

Geräte und Einrichtungen der Schiffbauabteilung.

A. Stoff und Herstellung der Modelle.

Die Haupttätigkeit der Schiffbauabteilung bestand bisher in der Vornahme von Modellschleppversuchen nach dem Froudeschen Verfahren zur Bestimmung des Widerstandes, den die Modelle der Fortbewegung durch das Wasser bei verschiedenen Geschwindigkeiten entgegensetzen.

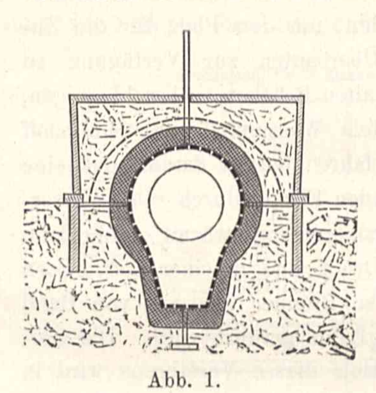
Wie bereits früher erwähnt, werden die Schiffsmodelle aus Paraffin hergestellt, das sich für diesen Zweck besonders eignet, da es leicht schmelzbar und leicht zu bearbeiten ist.

Ferner können Paraffinmodelle, sofern es sich im Laufe des Versuches als wünschenswert herausstellt, ohne Schwierigkeit abgeändert, d. h. durch Angießen verlängert oder durch Abschneiden verkürzt werden. Mehrfach wurden auch im Laufe des Betriebes einzelne Modelle mit Erfolg durch Aufgießen in ihrer Völligkeit nachträglich geändert. Zuletzt kann das Modell nach Beendigung der Versuche wieder eingeschmolzen und der Stoff von neuem für andere Versuche verwendet werden. Der Verlust an Paraffin bei diesem Verfahren ist äußerst gering, er stellt sich nach mehreren Versuchen auf rund 5 vH. für jedes Modell. Wollte man die Modelle aus Holz anfertigen, wie es z. B. in Washington und Übigau geschieht, so würden sich im Laufe der Jahre bei der Aufbewahrung der nicht mehr im Versuch befindlichen Modelle große Unbequemlichkeiten herausstellen.

Die Anstalt besitzt Einrichtungen, um Modelle bis zu 7 m Länge, 1 m Breite und 0,35 m Tiefgang einwandfrei nach Zeichnung maschinenmäßig herzustellen. In einem 8,40 m langen und 1,5 m breiten hölzernen Kasten (Abb. 15 bis 17 Bl. 34 und Text-Abb. 2), der mit gewöhnlichem Modellierton gefüllt ist, wird mit Hilfe von Spantlehren die Hohlform des zu gießenden Modells eingeformt. Um nicht die ganze Form mit Paraffin ausfüllen zu müssen, wird in diese ein Kern gehängt, der aus den Kernschablonen und darüber genagelten Längsleisten gebaut und sodann mit Segeltuch überspannt ist. Während die Formschablonen 5 bis 10 mm breiter sind als das fertige Modell, erhalten die Kernschablonen je nach Größe des Modells eine 30 bis 40 mm geringere Breite, so daß zwischen der Form und dem Kern ein Zwischenraum von 35 bis 50 mm bleibt, der mit flüssigem Paraffin ausgefüllt wird. Der Segeltuchbezug des Kerns wird, um ihn undurchlässig gegen Paraffin zu machen, und um ein Anhaften der Leinewand am Gußkörper zu vermeiden, mit einem mehrfachen Tonanstrich versehen. Jede Kernschablone trägt oben eine Querleiste, mit welcher der Kern nach dem Einbringen in die Form auf einer an der Innenseite der Längswände des Formkastens angebrachten Leiste ruht. Vor dem Gießen muß der Kern durch Aufsetzen von gußeisernen Ballasteisen gegen Aufschwimmen gesichert werden.

Das für die Modelle Verwendung findende Paraffin ist gute Handelsware, die zu gleichen Teilen aus Paraffin von 56/58° und 60/62° C Schmelzpunkt gemischt und je nach der Jahreszeit mit einem Zusatz von 1 bis 3 vH. Bienenwachs versehen wird, um die Masse für die Bearbeitung geschmeidiger zu machen. Das Paraffin wird in einem in der Nähe des Formkastens stehenden Schmelzofen niedergeschmolzen und während einer Nacht flüssig erhalten.

Der Paraffinschmelzofen (Abb. 10 bis 13 Bl. 34) nimmt eine Grundfläche von 1,2 × 1,2 m ein. Er besteht aus einem doppelwandigen, mit Gasheizung versehenen Kessel. In den inneren Kessel, der mit 30 Siederohren von 58 mm Durchmesser versehen ist, wird das Paraffin in Stücken eingebracht. Der Zwischenraum zwischen dem inneren und äußeren Kessel, der an der engsten Stelle rund 80 mm beträgt, sowie die Siederohre sind mit Wasser gefüllt, so daß das Paraffin im Wasserbade erwärmt wird. Der Paraffinbehälter hat einen nutzbaren Inhalt von 500 l; er ist oben mit einer Öffnung zum Einbringen des Paraffins und ungefähr 12,5 cm über seiner Sohle mit einem Ablaßhahn für das flüssige, zu Gußzwecken Verwendung findende Paraffin versehen. Das unter dem Ablaßhahn im Kessel stehenbleibende Paraffin, das alle Verunreinigungen — Ton, Schellack, Farbe — enthält, die mit den Paraffinstücken von früheren Modellen in den Ofen kommen, kann durch einen an der Sohle des Paraffinkessels angebrachten Grundhahn zeitweilig abgelassen werden. Durch ein bewegliches Dunstrohr, das nach dem Füllen des Ofens von oben über die Öffnung im losnehmbaren Deckel desselben geschoben wird, werden die bei dem Niederschmelzen des Paraffins entstehenden Dünste durch das Dach in das Freie geleitet. Der Wasserbehälter des Ofens ist mit einem Thermometer, einem Wasserstandsglas, einem Luftrohr und einem an der Sohle befindlichen Ablaßhahn versehen. Das Gas tritt aus vier unter dem Kessel angeordneten, mit zahlreichen Öffnungen versehenen Rohren in den Verbrennungsraum, die Verbrennungsgase werden durch ein Abzugsrohr von 100 mm lichter Weite an der Rückwand des Ofens ins Freie geleitet.


Abb. 1.

Bei ungefähr 65 bis 70° C ist das Paraffin verwendungsbereit; es wird in einer Blechröhre oder Holzrinne zum Formkasten geleitet (Text-Abb. 3) und füllt den Zwischenraum zwischen Form und Kern aus. Das außerordentlich starke Schwinden des erkaltenden Paraffins macht ein öfteres Nachgießen und zuletzt infolge des schnellen Erstarrens des Paraffins im mittleren Teil des Modelles das Anbringen von zwei ungefähr 20 cm hohen Gußstutzen an den Enden des Modelles notwendig. Noch während des Gießens wird der Kern teilweise mit Wasser gefüllt, um sein Gewicht gegen den Auftrieb zu vermehren, um das Durchtreten des Paraffins in den Kern zu verhindern und um das Modell schneller abzukühlen.

Das bisher beschriebene Verfahren findet bei allen oben offenen Modellen Anwendung. Mit Erfolg sind in der Anstalt auch vollkommen geschlossene Körper aus Paraffin hergestellt worden, wie sie Schiffen entsprechen, die unter der Wasseroberfläche fahren sollen. Die Herstellung derartiger Modelle ist ungleich schwieriger und langwieriger, zumal da auch diese Modelle innen einen Hohlraum erhalten müssen, um sie für Fahrten auf dem Wasser und unter der Wasseroberfläche auf verschiedene Tiefgänge ballasten zu können. Außer der Form im großen Formkasten ist eine zweite Form für den oberen Teil in einer Reihe von nebeneinander gestellten Holzkasten herzustellen (Text-Abb. 1). Die einzelnen Kasten werden dann über die Form im Formkasten gesetzt. Zuvor muß jedoch in die Form der Kern eingebracht werden, der gleichfalls als vollkommen geschlossener Körper aus Spantbrettern und Längsleisten hergestellt ist und anfangs mit einem doppelten Segeltuchbezug versehen wurde. Um dem später im Paraffin vollkommen untergetauchten Kern ein möglichst großes Gewicht gegen den Auftrieb zu geben, wird in seinem Innern vor dem Aufnageln der Leisten je nach Größe des Modells Bleiballast

von 20 bis 50 kg angebracht. Der Kern muß fest und gegen jede Verschiebung gesichert in der Form gelagert werden. Auf dem Boden der Tonform werden über die Länge des

Abb. 2. Form und Kern für ein Modell.

Kerns gleichmäßig weit verteilt drei bis vier Mauersteine so eingebettet, daß sie nur wenig von Ton bedeckt sind. Auf diese Mauersteine werden hölzerne Vierkantstäbe von 30 × 30 mm Querschnitt gestellt, die 40 bis 50 mm — entsprechend der Wanddicke des Modells — in die Form hineinragen. Auf

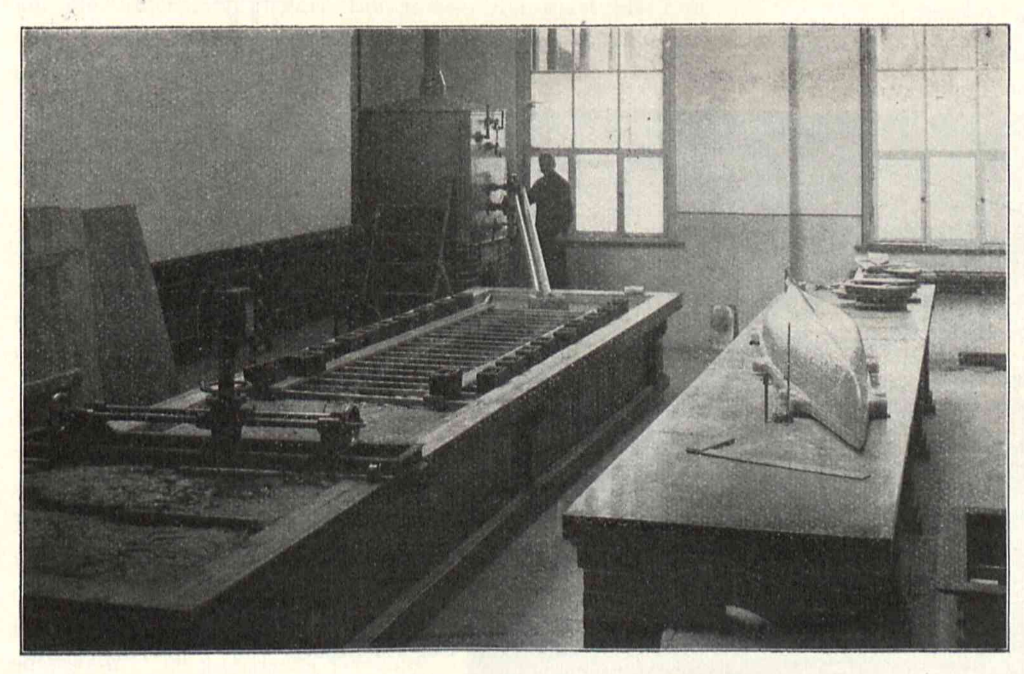


Abb. 3. Paraffinschmelzofen und Formkasten. (Guß eines Modells.)

diese Stützen wird der Kern gelegt und durch Querstreben von gleicher Abmessung, die in Höhe der Trennung beider Formhälften zu den Wänden des Formkastens führen, auch seitlich abgestützt. — Besondere Sorgfalt ist darauf zu verwenden, daß beim Gießen die Luft aus der Form und dem Kern entweichen kann. Für den Kern, der mit der freien Luft in Verbindung stehen muß, sind zwei Rohre vorgesehen, von denen das eine bis 10 mm über die Sohle des Kerns reicht, während das andere dicht unter der Decke aufhört.

Da jede Lageänderung des Kerns in der Form vermieden werden muß, um überall möglichst gleich dicke Wandungen zu erhalten, und da im allgemeinen sein Eigengewicht trotz des Bleiballastes stets kleiner ausfallen wird, als sein Auftrieb im untergetauchten Zustande, muß noch während des Gießens der Kern mit Wasser gefüllt werden. Diesem Zweck dient das bis auf den Boden des Kerns reichende Rohr, das auch nachher wieder beim Ablassen des Wassers nach dem Erstarren des Modells Verwendung findet. An den Kern werden bei diesem Verfahren ziemlich hohe Anforderungen gestellt, er muß gegen Paraffin und Wasser gleich undurchlässig sein. Obwohl anfangs für diese Art Kerne ein doppelter Segeltuchbezug genommen und ferner jeder Bezug nach dem Anbringen einen mehrfachen Tonanstrich erhalten hatte, fand sich dennoch bei den ersten nach diesem Verfahren hergestellten Modellen nach dem Zertrümmern im Kern Paraffin vor, das unter Umständen das Eigengewicht des Modells nachteilig hätte beeinflussen können. Erst als die Anstalt dazu überging, den Kern an Stelle des zweiten Segeltuchbezugs mit gewöhnlichem glatten Packpapier, das mit Schellack befestigt wird, zu bekleben, gelang es, das Paraffin vom Innern des Kerns fernzuhalten. Einen jetzt allerdings behobenen Übelstand wiesen die ersten Vollmodelle aus Paraffin auf. Das fertige Modell zieht sich bei starken Wärmeunterschieden im Arbeitsraum, wie sie im Winter beim Aussetzen der Heizung an mehreren aufeinanderfolgenden Festtagen oder im Sommer nach besonders heißen Wochen eintreten können, zusammen. Da der Kern nicht elastisch ausgeführt werden kann, traten bei einzelnen Modellen Querrisse auf, die nur mit Mühe durch nachheriges Ausgießen beseitigt werden konnten. Jetzt wird der Kern so zusammengebaut, daß er am Tage nach dem Guß aus dem Modell meist durch zwei Öffnungen in der Paraffindecke entfernt werden kann.

Ungefähr 12 bis 15 Stunden nach dem Guß ist das Modell soweit erkaltet, daß es bearbeitet werden kann. Bei

den oben offenen Modellen wird zunächst das Wasser aus dem Kern und dann letzterer selbst entfernt, sodann wird der Rand des Modells, der einen fast halbkreisförmigen Wulst aufweist, mit Hilfe des Randfräsers geebnet, um eine wagerechte Arbeitsfläche für die weitere Bearbeitung des Modells zu schaffen.

Der Randfräser (Text-Abb. 4 u. 5). Ein Muttergehäuse, das in der Querrichtung des Troges verschiebbar auf einer runden Führungsstange und einer Schraubenspindel gelagert ist, trägt eine senkrecht verstellbare, mit flachem Vierkantgewinde versehene Spindel von 75 mm Durchmesser. In dieser Spindel ist — unten und oben auf Kugeln gelagert — eine Welle angeordnet, die an ihrem unteren Ende einen Fräskopf mit zwei Messern trägt. An ihrem oberen Ende ist die Welle mit einem Antriebmotor von $^1/_{10}$ PS unmittelbar gekuppelt. Der ganze Fräser ist auf einem rechteckigen Rahmen aus ⊏-Eisen N. P. 6 befestigt, der auf Rädern auf dem Bord des Formkastens entlang gefahren werden kann. Durch seitliches Verschieben des Fräserkopfes und durch Entlangfahren des Apparates auf dem Bord des Kastens kann daher die ganze Fläche des Formkastens bestrichen werden. Der Fräser macht ungefähr 1800 Umdrehungen in der Minute. Nach dem Abschlichten der Modelloberkante werden in 2,2 m Abstand voneinander zwei hölzerne Querleisten auf dem Rand mit Holzschrauben befestigt. Das Modell ist jetzt im Formkasten fertig bearbeitet. Es wird durch Wasser, das zwischen Modell und Form eingelassen wird, zum Aufschwimmen gebracht, dann mit Hilfe eines am Flaschenzug des Laufkranes befestigten Querbaumes, an dessen Enden żwei Gurte über Rollen laufen, aus der Form gehoben (Abb. 16 Bl. 34).

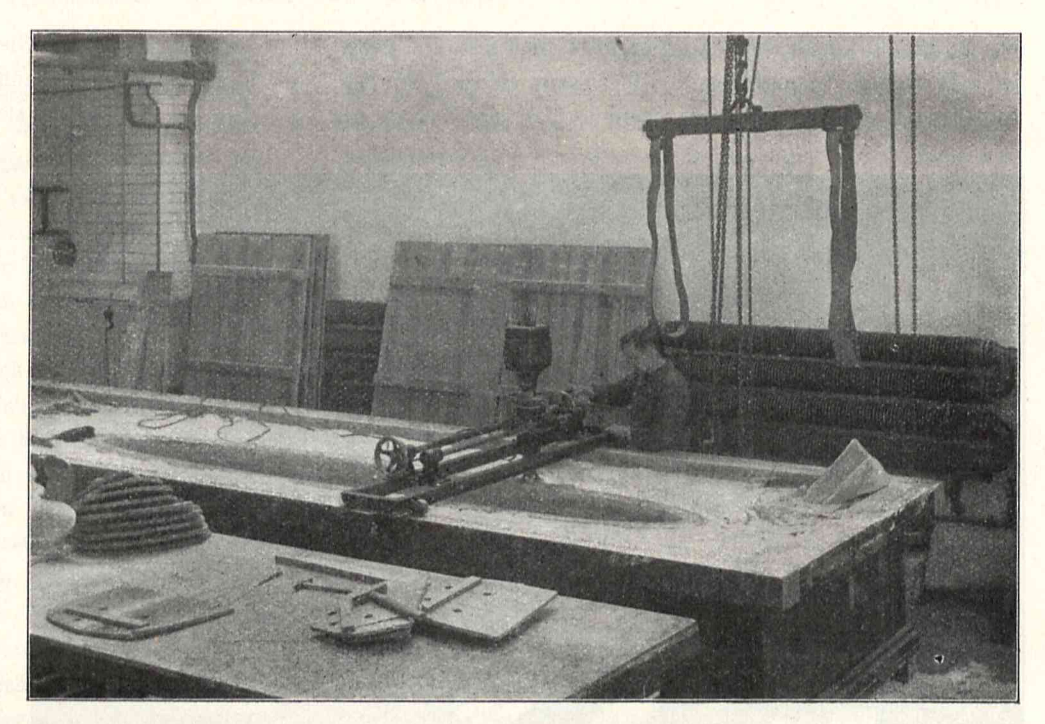


Abb. 4. Fräsen des Modellrandes mit dem Randfräser.

Das aus dem Formkasten kommende Modell zeigt erst die ungefähren Formen des Schiffes. Seine weitere Bearbeitung erfolgt auf der Modellschneidemaschine, auf der mit Hülfe schnell umlaufender Fräsmesser nach einem vorher angefertigten Fräsplan die Wasserlinien des Schiffes in 10 bis 15 mm Höhenabstand voneinander auf das Modell übertragen, d. h. in dasselbe eingeschnitten werden.

Die Modellschneidemaschine (vgl. Text-Abb. 6 u. 7 und Abb. 4 bis 6 Bl. 16 im Jahrg. 1906 d. Zeitschr.). In einem festen Rahmen *a* aus ⊏-Profilen, der 1,25 m über dem Boden auf zwei gußeisernen Lagerböcken ruht, sind in je einem wagerecht verschiebbaren Schlitten *b*, dessen Gewicht durch Gegengewichte nahezu aufgehoben ist, zwei senkrecht verstellbare hohle Spindeln *c* mit flachen Vierkantgewinden gelagert, die wie die Spindel des Randfräsers eine in Kugellagern laufende Welle umschließen, an deren unterem Ende ein Fräserkopf mit zwei verstellbaren Messern befestigt ist. Auf das obere Ende der den Fräserkopf tragenden Wellen ist als Antriebvorrichtung je ein Motor von $^1/_{10}$ PS gesetzt. Durch zwei Handräder außerhalb des Rahmens können die Fräserspindeln in wagerechter und senkrechter Richtung beliebig verstellt werden. Das aus der Tonform kommende Modell wird in dem 9 m langen und 1,58 m breiten Wagen kieloben fest gelagert. Zu diesem Zwecke sind in die Bodenquerträger des Wagengestelles Haltestifte eingelassen, die in die kreisrunden Löcher der beiden Querleisten des Modells passen. Eine weitere Befestigung des Modells auf dem Wagen ist nicht erforderlich.

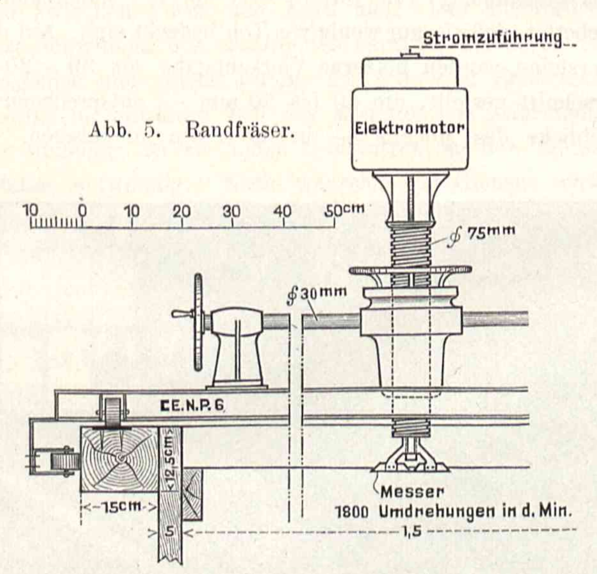


Abb. 5. Randfräser.

Der Wagen ist aus ⊏-Eisen und Winkeln gebaut, so daß ein Verziehen desselben ausgeschlossen ist. Der Boden ist mit einem Plankenbelag versehen, während das Rahmenwerk der Seitenwände zum Abfangen der Paraffinspäne beim Fräsen des Modells mit Segeltuch bespannt ist. Vorn und hinten befinden sich im Boden des Wagens herausnehmbare hölzerne Rahmen mit Segeltuchboden von 1 m Länge, die zum Ansammeln der Paraffinspäne dienen. Der Wagen läuft auf sieben Räderpaaren und rollt auf zwei 18 m langen Schienen. Er wird vorn und hinten durch ein Rollenpaar mit senkrechten Achsen an der einen Schiene geführt. Neben dem Wagen und parallel zu ihm ist 1,1 m über dem Erdboden ein 4 m langer und 0,7 m breiter Zeichentisch auf

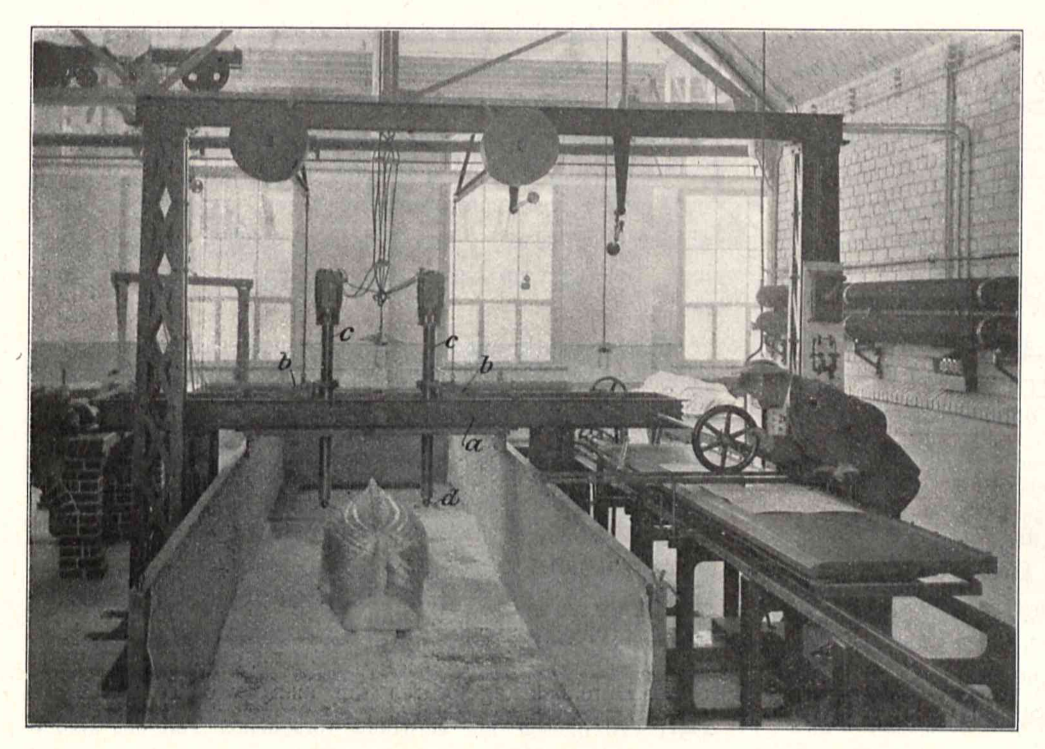


Abb. 6. Modellschneidemaschine.

Querträgern gelagert, der gleichfalls in seiner Längsachse verschiebbar auf einem Paar Winkelschienen rollt. Wagen und Zeichentisch werden durch einen 2 PS-Motor gleichzeitig bewegt. Der Motor arbeitet auf ein auswechselbares Vorgelege, durch das zwei wagerecht neben dem Wagen und unter dem Zeichentisch gelagerte Schraubenspindeln gedreht werden. Mit diesen Spindeln können Wagen und Zeichentisch durch ausrückbare Mitnehmermuttern verbunden werden.

Für Modelle über 2 m Länge wird der Längenmaßstab des Fräsplanes im Verhältnis 1 : 2, 1 : 3 oder 1 : 4 verkürzt, um die Anfertigung langer Linienrisse, die sonst bis 7 m lang werden müßten, zu vermeiden. Dementsprechend wird auch durch Umänderung des Vorgeleges am Antriebsmotor die Umdrehungsgeschwindigkeit der beiden Leitspindeln im Verhältnis 2 : 1, 3 : 1, 4 : 1 geändert. Die beiden Leitspindeln, von denen die längere, zum Wagenantrieb bestimmte, eine freitragende Länge von 7,7 m hat, werden durch Pendellager gestützt.

Vor Beginn der Arbeit werden Wagen und Zeichentisch in Mittelstellung gebracht. Eine Vorrichtung am Zeichentisch gestattet seine genaue Einstellung auf Wagenmitte. Sodann werden die Spindeln mit den Fräsmessern der Höhe nach auf die jeweilig zu schneidende Wasserlinie eingestellt. Die wagerechte Verschiebung der Spindeln wird vom Arbeiter am Zeichentisch aus mit Hilfe eines Handrades und eines Kegelradvorgeleges bewirkt. Die jeweilige Stellung der Messer wird durch einen Storchschnabel, dessen einer Arm mit einem der Schlitten, in denen die Spindeln mit den Fräsern ruhen, verbunden ist, auf den auf dem Zeichentisch aufgespannten Wasserlinienplan übertragen. Fest mit dem Unterbau des Tisches verbunden ist über seiner Mitte ein Rahmen angeordnet, auf dem ein senkrecht zur Grundlinie des Tisches beweglicher Fahrstab geführt wird. Gegen das obere Ende dieses Stabes legt sich der Storchschnabel mit seinem freien Arm, während am unteren Ende des Stabes eine Führungskurve aus Zelluloid (Abb. 1 Bl. 36) befestigt ist. Ist das Verhältnis zwischen Modell- und Fräsplanlänge 1 : 1, so ist diese Kurve ein Kreis vom Durchmesser des Fräsmesserkreises. An die Stelle des Kreises tritt eine Ellipse, wenn die Längenverhältnisse zwischen Modell und Fräsplan im Verhältnis 1 : 2, 1 : 3 oder 1 : 4 stehen. Die große Achse dieser Ellipse bleibt stets gleich dem Durchmesser des Fräsmesserkreises, während die kleine Achse im oben angegebenen Verhältnis zur großen Achse stehen muß.

Der Wagen mit dem Modell wird durch die vom Motor gedrehte Spindel unter den mit 1800 Umdrehungen in der Minute umlaufenden Fräsmessern entlang geführt, die vom Arbeiter am Zeichentisch so verstellt werden, daß die Führungskurve dauernd die zu schneidende Wasserlinie berührt. Dieser an der Wasserlinie entlang gleitenden Führungskurve entspricht der am Modell entlang rollende Messerkreis. So wird Wasserlinie auf Wasserlinie unter Veränderung der Höhenstellung der Fräsmesser auf das Modell übertragen.

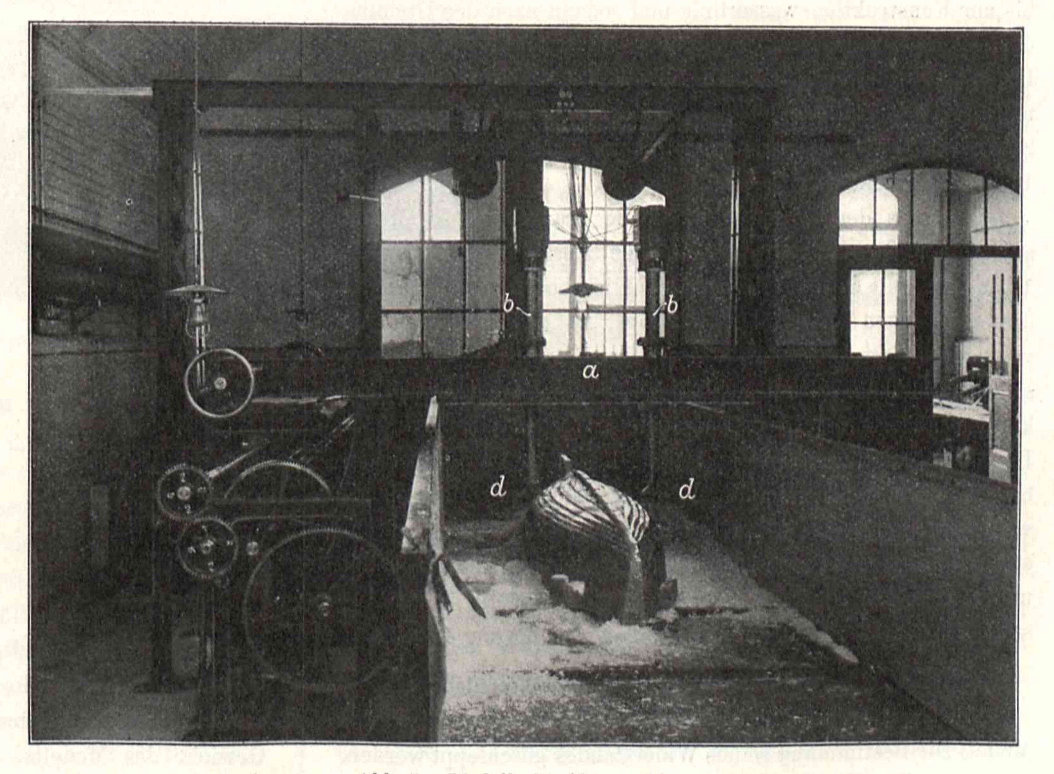


Abb. 7. Modellschneidemaschine.

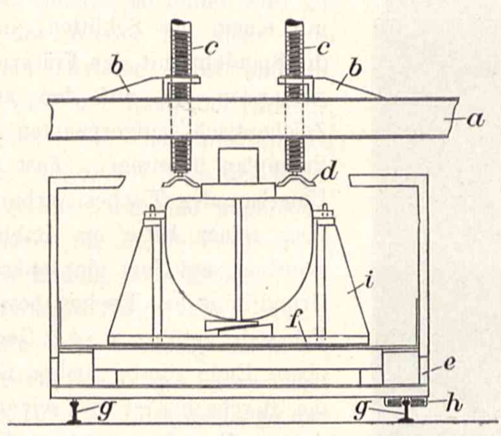


Abb. 8. Lagerung eines oben geschlossenen Modells auf der Modellschneidemaschine.

Bemerkt möge noch werden, daß die Wasserlinien stets von der Mitte des Modells aus nach den Enden zu geschnitten werden müssen, um den in der Übertragungsvorrichtung vom Handrad zum Schlitten vorhandenen toten Gang bei der Umkehrung der Drehungsrichtung des Handrades auszuschalten, wenn man das Modell vom Steven zu Steven und nicht von Mitte zum Steven hin schneiden würde.

Ein oben geschlossenes Paraffinmodell kann nicht unmittelbar auf der Modellschneidemaschine gelagert werden, da ihm die breite Grundfläche fehlt, welche die oben offenen mit dem Kiel nach oben gelagerten Modelle haben. Es erhält daher beim Gießen vier bis sechs seitliche kräftige Angüsse aus Paraffin, mit denen es auf den an zwei bis drei Böcken *i* (Text-Abb. 8) angebrachten Zapfen gelagert wird. Diese Böcke haben in ihrer unten liegenden Querverbindung ein Loch, das über die Zapfen auf den Querträgern des Wagens paßt. Diese Modelle müssen während des Fräsens einmal um 180° gedreht werden, da es Form und Abmessung der Fräser nicht möglich machen, sämtliche Wasserlinien in einer Stellung des Modells auf dasselbe zu übertragen. Daher werden zunächst die Wasserlinien vom Kiel bis zur Konstruktionswasserlinie und sodann nach der Drehung des Modells vom Deck bis zur gleichen Linie geschnitten. Da bei diesem Vorgehen die Konstruktionswasserlinie zweimal gefräst wird, bietet dieses Verfahren die erforderliche Sicherheit dafür, daß das Modell beim Umdrehen nicht seitlich verschoben worden ist.

Das von der Fräsmaschine fertig bearbeitete Modell hat auf seiner Oberfläche treppenförmige Absätze (Text-Abb. 9, 10 u. 11). Mit Schrubbeisen und Schlichthobel werden sodann die dreieckigen Vorsprünge beseitigt, so daß nur noch die von der Spitze der Fräsmesser eingerissenen Wasserlinien sichtbar bleiben. Zum Schluß wird das Modell mit Ziehklingen abgezogen, so daß es eine glatte Oberfläche erhält. Das Modell ist nun schleppfertig. Bevor es zu Wasser gebracht wird, wird sein Eigengewicht auf einer Zentesimalwage bestimmt und seine benetzte Oberfläche bis zur Konstruktionswasserlinie mit Hilfe breiter Papierstreifen abgewickelt und rechnerisch bestimmt. Bisher wurden Modelle in der Anstalt hergestellt mit einem Paraffingewicht bis zu 400 kg.

B. Einrichtungen für Versuche mit Schiffsmodellen.

Ballasten und Trimmen des Modells. Soll das Modell zur Bestimmung seines Widerstandes geschleppt werden, so wird es in den Trimmtank gesetzt und erhält ein Zusatzgewicht gleich dem Unterschied zwischen dem Gewicht des Wassers, das es verdrängen soll, und seinem Eigengewicht. Dieser aus Schrotsäcken, Bleistücken und Eisenstücken bestehende Ballast beträgt in einzelnen Fällen bis zu 500 kg. Das so geballastete und getrimmte Modell muß auf dem für den Versuch bestimmten Tiefgang liegen, wenn anders nicht bei der Bearbeitung des Modells Versehen vorgekommen sind. Im letzteren Falle muß das Modell neu angefertigt werden.

Tiefgangskontrolle. Da es ausgeschlossen ist, den Tiefgang des Modells in dem schmalen 1,2 m breiten Trimmtank mit der erforderlichen Genauigkeit von der Seite aus abzulesen, wird die Tiefgangskontrolle in folgender Weise durchgeführt. An jedem oben offenen Modell werden beim Gießen vier Augen aus Paraffin vorgesehen, die paarweis vorn und hinten angeordnet sind. Die untere Fläche dieser Augen wird auf der Modellschneidemaschine beim Schneiden der Wasserlinie mit bearbeitet, so daß sie bei allen vier Augen in einer Ebene liegt. Die Augen erhalten eine senkrechte Durchbohrung, durch die man, wie Text-Abb. 12 zeigt, den oberen mit Gewinde versehenen Teil des Nadelhalters hindurchsteckt. Der Nadelhalter trägt unten eine mit feinem Gewinde versehene Nadel, die so mit Hilfe eines besonderen Maßstabes eingestellt wird, daß ihre etwas abgerundete Spitze um das Maß *a* — d. h. um die Entfernung der obersten, in Höhe der Unterkante der Augen liegenden Wasserlinie von der Konstruktionswasserlinie oder einer anderen, dem betreffenden Tiefgang entsprechenden Schwimmlinie — von der Oberkante des Hülsenbundes des Nadelhalters, also von Unterkante Auge absteht. Sind die vier Nadeln am Modell angebracht, so müssen ihre Spitzen, wenn das Modell richtig geballastet und getrimmt ist und keinen Bearbeitungsfehler aufweist, die Wasseroberfläche eben durchbrechen, d. h. es muß sich über ihnen eine kleine Erhöhung des Wasserspiegels bilden.

Das schleppfertige Modell trägt oben, auf den beiden Querleisten ruhend (vgl. Abb. 5 Bl. 35 und Text-Abb. 12), den sogenannten Schleppbügel, einen aus leichtem Holz gebauten Rahmen, der vorn und hinten je ein Paar auf einer Messingplatte befestigte und wagerecht angeordnete Glaswalzen und in der Mitte eine nach unten in das Modell hineinragende Hülse trägt, in der ein Auge mittels einer mit feinem Gewinde versehenen Spindel senkrecht auf und nieder verschoben werden kann. Die Glaswalzenpaare und die Hülse mit dem Auge für die vom Dynamometer kommende Zugstange können in der Längsrichtung des Bügels verstellt werden.

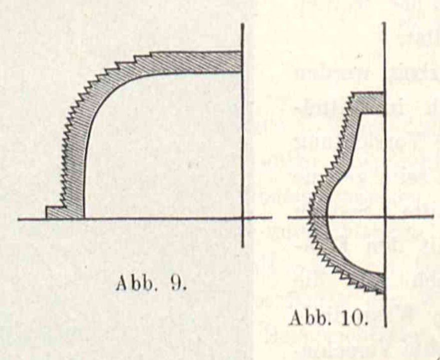


Abb. 9. Abb. 10.

Da die Nadeln für das Trimmen und der Bügel für das Schleppen notwendig sind, muß das Gewicht dieser Teile bei der Berechnung des Ballastes für das Modell vom Zusatzgewicht in Absatz gebracht werden. Es muß demnach sein: Gewicht des Modells, des Schleppbügels, der vier Nadeln und des Ballastes gleich der rechnerisch ermittelten Wasser-

verdrängung des Modells. Für den Schleppversuch wird das Modell sodann aus dem Trimmtank hinaus unter den Versuchswagen gefahren.

Der Schleppwagen (vgl. Abb. 3 Bl. 36 und Abb. 1 bis 3 Bl. 16 Jahrg. 1906 d. Zeitschr.) ist zweiteilig ausgeführt. Da es nicht ausgeschlossen erschien, daß durch die umlaufenden Massen der Antriebmotore und der Vorgelege Schwingungen auf dem Wagen entstehen können, wurden die Meßgeräte,

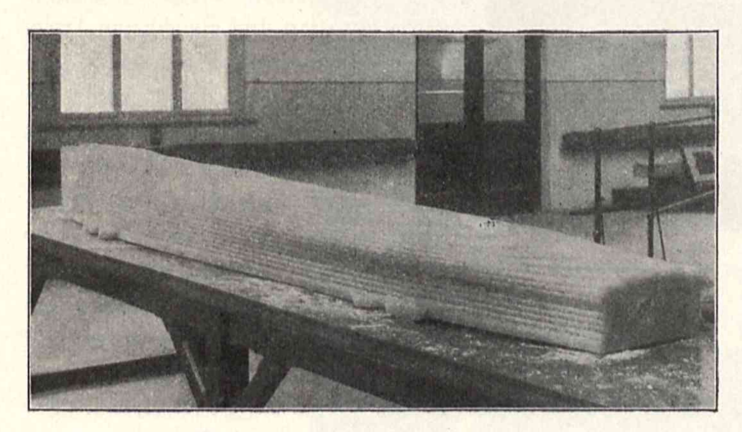


Abb. 11. Modell nach dem Fräsen.

nämlich das Modell- und Schraubendynamometer, auf einem besonderen Wagen, dem Gerätewagen, aufgestellt, während die Antriebvorrichtung nebst allem Zubehör auf dem Treibwagen, der den Gerätewagen umfaßt, aufgestellt wurden. Bei dem geringen Abstand zwischen Oberkante Schienen und dem Wasserspiegel wurde die Forderung, ein starres Gebilde herzustellen, bei der Ausführung durch die Annahme eines Fachwerkes für die Wagen zu erfüllen gesucht.

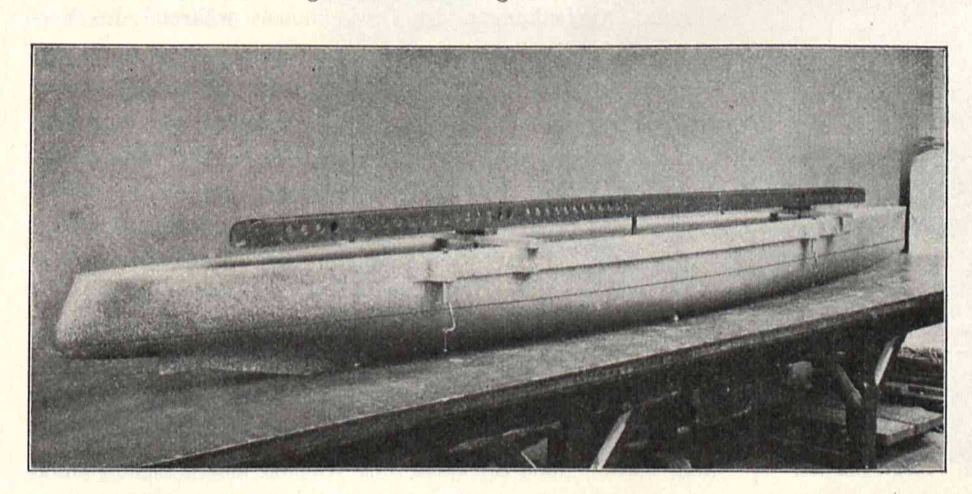


Abb. 12. Paraffinmodell mit Nadelvorrichtung zur Einstellung auf die Wasserlinie.

Der auf vier Rädern von 700 mm Durchmesser laufende Treibwagen hat eine Gesamtlänge von 14,3 m und eine Länge von 12 m — gleich der doppelten Spurweite — zwischen den Achsen des vorderen und hinteren Radpaares erhalten. Diese große Länge wurde für erforderlich gehalten, um beim Fahren mit hoher Geschwindigkeit ein Gieren des Wagens möglichst zu vermeiden. Die vordere und hintere Plattform des Treibwagens sind aus 580 mm hohen Gitterträgern mit darüber längs gelegten ⊏-Eisen gebaut und mit einem Plankenbelag versehen. Auf beiden Plattformen steht ein je 10 PS Nebenschlußmotor mit einem doppelten Vorgelege. Die Räder des Treibwagens sitzen fest auf einer durchgehenden Achse, in deren Mitte ein Zahnrad von 84 Zähnen gleichfalls fest aufgezogen ist. Die Motoren wirken entweder unmittelbar vermittels eines Ritzels von 14 Zähnen oder bei geringeren Geschwindigkeiten nach Einschaltung eines Vorgeleges auf das große auf den Wagenachsen befestigte Stirnrad.

Anfangs waren die Ritzel aus Rohhaut angefertigt, sie mußten jedoch später, da sie dauernd — wohl infolge des hohen Feuchtigkeitsgehaltes der Luft — zu Ausstellungen Anlaß gaben, durch solche aus Gußeisen ersetzt werden.

Auf der hinteren Plattform ist links der Stromabnehmermast und rechts der Anlasser nebst Widerständen und Ausschaltern angeordnet. Am hinteren Vorgelege sind ferner zwei Bremsscheiben vorgesehen, um den in Fahrt befindlichen Wagen auch von Hand abbremsen zu können, wenn die sonst vorgesehenen und später noch zu besprechenden Bremsvorrichtungen versagen sollten. Beide Plattformen sind durch zwei 30 cm breite Parabelträger von 1,75 m Pfeilhöhe verbunden, die als Gitterträger ausgebildet und in 2,46 m Abstand voneinander angeordnet sind. An der Unterkante der Gitterträger sind an ihrer Innenseite zwei 40 cm breite Laufstege angebracht, welche die Bedienung der Geräte und den Verkehr von vorn nach hinten ermöglichen. Eine schmale Laufplanke liegt ferner zu gleichem Zweck auf den Querträgern des Gerätewagens.

Der 8,36 m lange Gerätewagen, der wie schon erwähnt, in den Treibwagen eingebaut ist, läuft auf vier Rädern von 1 m Durchmesser. Mußte man bei der Wahl der Radabmessungen des Treibwagens Rücksicht nehmen auf die Umdrehungszahl der Antriebmotore und die verlangte größte Geschwindigkeit von 7 m i. d. Sek., so war für die Wahl des Durchmessers der Räder des Gerätewagens lediglich die Forderung eines möglichst ruhigen Ganges des Wagens maßgebend. Der Hauptnachdruck war auf eine möglichst starre Konstruktion des Gerätewagens zu legen, die dadurch erschwert wurde, daß dieser Wagen in der Mitte auf seiner ganzen Länge einen 1,2 m breiten, von jeder Querverbindung freien Schlitz erhalten mußte, um die Meßgeräte beliebig auf dem Wagen verschieben zu können und um nach Beendigung der Schleppfahrten mit hoher Geschwindigkeit das infolge der starken Wellenbewegung heftig auf und nieder stampfende Paraffinmodell nicht zu gefährden. Der Gerätewagen ist, wie Abb. 1 bis 3 Bl. 16 Jahrg. 1906 d. Zeitschr. ausweist, gleichfalls aus Gitterträgern zusammengesetzt. Zu beiden Seiten der freien mittleren Öffnung sind auf den hier angeordneten Längsträgern des Gerätewagens gehobelte ⊑-Schienen befestigt, auf denen die Geräte in der Längsrichtung des Wagens verschoben werden können. Die Oberkante dieses Gleises liegt 500 mm über dem Wasserspiegel.

Auch bei der größten erreichbaren Geschwindigkeit von 7 m hat der Wagen seine volle Fahrt bereits 15 bis 20 m vor dem Lichtschacht aufgenommen, die Anlaufstrecke beträgt daher im ungünstigsten Falle 40 bis 45 m und die geringste Meßstrecke rund 50 m, da eine Auslaufstrecke von 35 bis 40 m vollkommen genügt, um den Wagen ohne

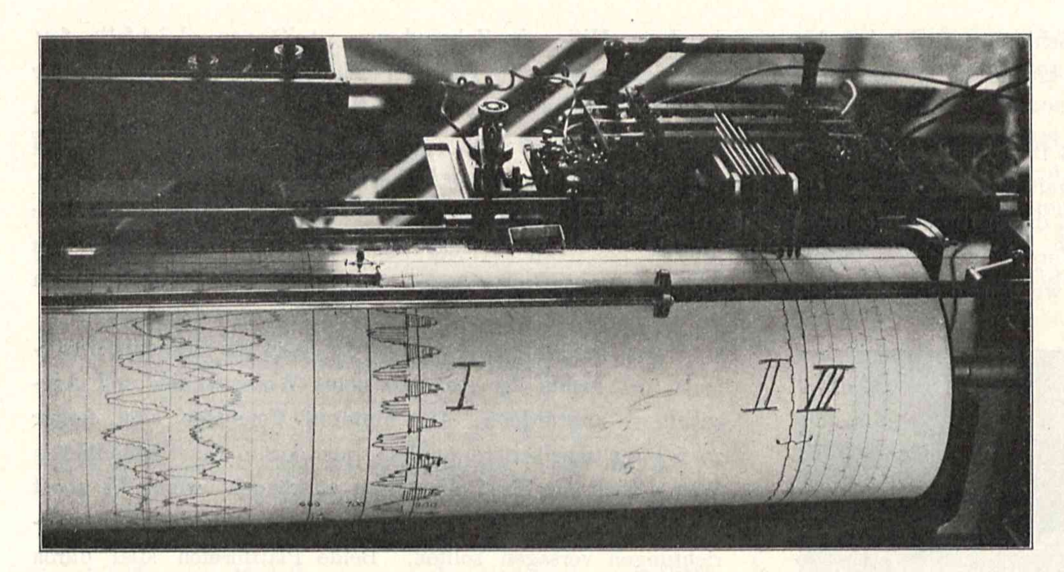


Abb. 13. Schreibtrommel mit Widerstands- (I), Weg- (III), und Zeitlinien (II).

Gefährdung der auf ihm aufgestellten feinen Meßwerkzeuge zum Stehen zu bringen. Um die gesamte Zugkraft der beiden Antriebmotoren beim Anfahren zur Erzielung einer möglichst hohen Beschleunigung auszunützen, wurde der Antrieb auf die beiden Wagenachsen verlegt, weil durch die Teilung des Wagens der Treibwagen und damit das zur Verfügung stehende Gewicht so vermindert wurde, daß bei einem Antrieb von nur einer Achse aus nicht mehr die für die kurze Beschleunigungsstrecke erforderliche große Reibung vorhanden gewesen wäre.

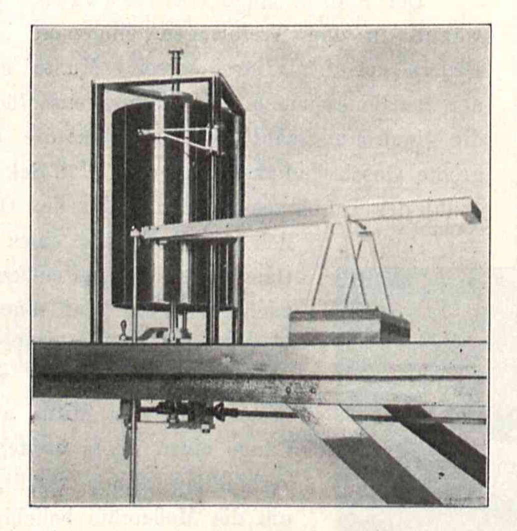


Abb. 14. Senkrechte Schreibtrommel zum Aufzeichnen der Trimm- und Tauchungsänderung des Modells.

Die Verbindung zwischen Geräte- und Treibwagen wird durch vier vorn und hinten paarweis eingeschorene Stahldrahttaue bewirkt. Diese Taue traten nach Abschluß der Vorversuche an die Stelle der ursprünglich vorgesehenen Gelenkverbindungen, die sich nicht bewährt hatten, da sie die Schwingungen des Treibwagens auf den Gerätewagen übertrugen.

Auf dem Gerätewagen werden die Versuche zur Bestimmung der Schiffs- und Schraubenwiderstände durchgeführt. Dem ersteren Zweck dient das Modelldynamometer, während das Schraubendynamometer für die Prüfung von Modellschrauben Verwendung findet.

Das Modelldynamometer (Abb. 5 bis 8 Bl. 35 und Text-Abb. 15 u. 16), das im Anhalt an die von Froude gewählte Ausführung entworfen wurde, ist ein Federdynamometer. In einem aus zwei gebörtelten Blechen gebildeten Rahmen d, dessen Wände durch Stehbolzen miteinander verbunden und gegeneinander abgesteift sind, ist ein aus zwei Hebeln e und f bestehendes System auf doppelten Schneiden gelagert. Der untere, in Dreieckform aus gebörtelten Blechen gebaute Hebel f besitzt drei gleichlange Arme, in deren Endpunkten Schneiden vorgesehen sind. Auf der Schneide des unteren Armes dieses Hebels ruht das eine Ende der Verbindungsstange g zwischen Modell und Dynamometer, während das andere Ende dieser Stange in das Auge c gehakt wird, das sich an der Hülse b am Schleppbügel A befindet. Oben ist der Dreieckhebel federnd bei h mit dem unteren Arm eines zweiten Hebels e verbunden, dessen Hebelarme im Verhältnis 1 : 10 stehen. Der obere Arm dieses zweiten Hebels zeigt die Bewegungen des Dreieckhebels während der Versuchsfahrt infolge der Übersetzung in ihrer Längenausdehnung zehnfach vergrößert an. Beide Hebel sind in bezug auf ihren Drehpunkt durch Gegengewichte ausbalanziert. Dem am unteren Arm des Dreieckhebels beim Schleppversuch durch den Widerstand, den das Modell seiner Fortbewegung im Wasser entgegensetzt, hervorgerufenen und nach hinten gerichteten Zug hält eine am oberen Arm eingehakte und mit ihrem andern Ende bei i fest eingespannte Spiralfeder k das Gleichgewicht.

Die Auslenkungen des Dreieckhebels während des Versuchs, d. h. die Schwankungen der Federspannung werden durch einen Schreibarm l, der in einer Gabel am oberen Ende des ungleicharmigen Hebels e gelagert ist, auf eine von der Achse des Gerätewagens aus in Umdrehung versetzte Schreibtrommel m aufgezeichnet, auf die ein Blatt Papier gespannt ist (Text-Abb. 13). Gleichzeitig werden auf der rechten Seite der Trommel nach einem Uhrwerk mit elektrischem Antrieb die Zeit in halben Sekunden und der vom Wagen zurückgelegte Weg nach den auf der Versuchsstrecke neben den Schienen in Abständen von 5 m angebrachten Bügeln aufgezeichnet.

Alle Messungen finden nur bei Fahrten in einer Richtung statt. Nach Rückkehr des Wagens zum Ausgangspunkt

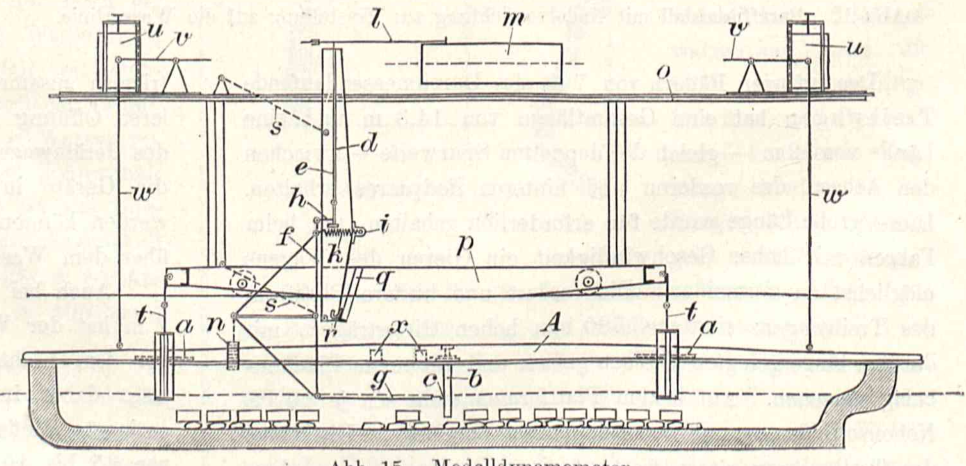
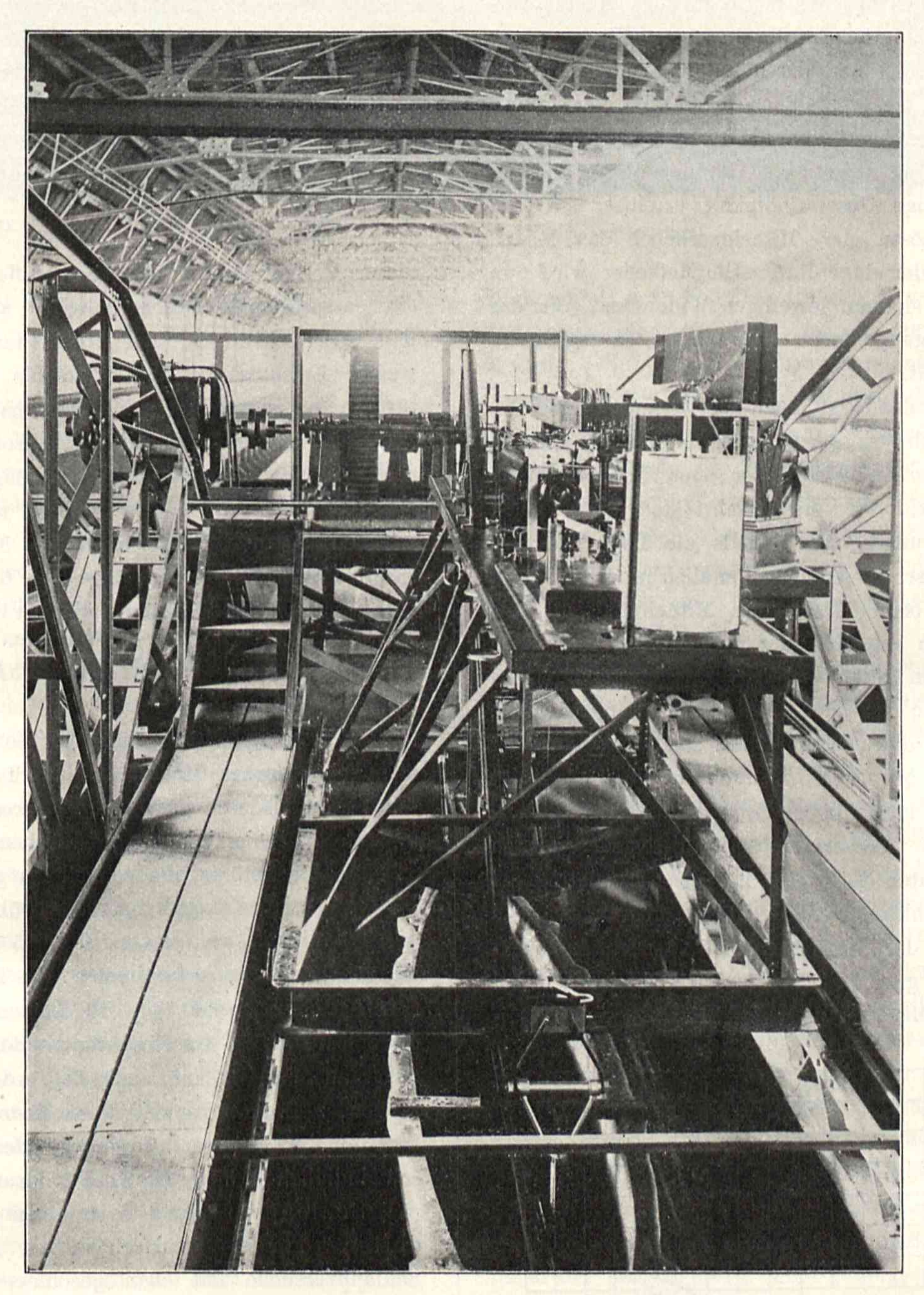


Abb. 15. Modelldynamometer.

wird, nach dem sich die Wasseroberfläche, soweit erforderlich, wieder beruhigt hat — was 10 bis 20 Minuten, je nach der Geschwindigkeit mit der das Modell geschleppt wird, dauert —, die nächst höhere Geschwindigkeit eingestellt und die Schreibvorrichtung für die Zeit und Wegangabe um ein Stück nach links geschoben. Bei der nächsten Fahrt wird der Dreieckhebel, da im allgemeinen mit der Zunahme der Geschwindigkeit auch die Größe des Widerstandes wächst, weiter ausgelegt. Die Linie der diesem Widerstande entsprechenden Federspannung wird daher weiter nach der Mitte der Trommel hin aufgezeichnet werden. Obwohl sich demnach die verschiedenen Federspannungslinien im allgemeinen nicht decken, werden doch der besseren Übersicht halber für die verschiedenen Fahrten Schreibfedern mit verschiedenen Farben gebraucht.

Die Modellgeschwindigkeiten werden so lange gesteigert, bis die Meßfeder bis zur zulässigen Grenze beansprucht ist, was meist nach vier bis sechs Fahrten eintritt. Bevor die Feder sodann durch eine stärkere ersetzt wird, wird sie in der Weise geeicht, daß nach Abkupplung des Modells vom Dynamometer an den dritten freien, wagerecht stehenden Arm des Dreieckhebels f nacheinander verschiedene geeichte Gewichte n gehängt werden. Wie vorher durch den Modellwiderstand, so wird jetzt die Feder durch Gewichte gedehnt. Die jeweilige Federstellung, die einer bekannten Belastung entspricht, wird sodann auf dem Papierbogen durch Drehung der Trommel aufgezeichnet, wo sie sich als gerade Linie darstellt (Text-Abb. 13). Erst mit Hilfe dieses Netzes paralleler Gewichtslinien läßt sich Deutung und Auswertung der bei den verschiedenen Versuchen vorher aufgezeichneten Federspannungslinien ermöglichen, auf die später noch näher eingegangen werden soll.


Abb. 16. Modelldynamometer mit darunter befindlichem Modell.

Schreibtrommel, Uhr und Registrierwerk sind auf einer hölzernen, dreifach verleimten Tischplatte o aufgestellt, die wieder auf einem Winkelrahmen, der auf zwei senkrechten Querrahmen aufliegt, befestigt ist. Tisch und Unterbau ruhen auf einem fahrbaren, aus gebörtelten Stahlblechen gebauten Rahmen p. Auf einem starken Querträger q im unteren Rahmen sind die Widerlager r für den vermittels einer Parallelogrammführung s in senkrechter Richtung beweglichen Rahmen d mit dem Hebelsystem angeordnet. Da das Hebelsystem mit seinem unteren Arm beim Versuch möglichst tief in das Modell hineinreichen soll, muß es vor dem Unterfahren des Modells unter den Apparat gehoben werden können. Am vorderen und hinteren Querträger des Untergestells des Modelldynamometers ist in der Mitte je eine Glasrolle t angebracht, die um eine senkrecht zur Mittellinie des Wagens stehende wagerechte Achse gedreht werden kann. Nach dem Einfahren des Modells werden diese Glasrollen heruntergeklappt, sie hängen dann zwischen den auf dem Schleppbügel wagerecht angeordneten Glasrollen a und sollen während der Versuchsfahrt das Modell in der Längsachse des Wagens führen und eine Querstellung desselben zur Fahrtrichtung verhindern. Das Modell ist daher nur an einem Punkt durch die zum Dynamometer führende Verbindungsstange festgehalten und durch die Glasrollen in der Mittelachse des Wagens geführt. Es kann sich demnach während der Versuchsfahrt frei auf und nieder bewegen und sich unter Einwirkung des Wasserwiderstandes beliebig zur Wasseroberfläche einstellen.

Auf dem Tisch sind ferner vorn und hinten verschiebbar zwei senkrechte Schreibtrommeln u (vgl. Text-Abb. 14 u. 15) mit je einem davor liegenden wagerecht gelagerten Hebel v angeordnet; von dem einen Ende des Hebels reicht eine leichte Stange w aus Aluminiumrohr zum Modell hinunter, wo sie in der Mittellinie des Schleppbügels befestigt ist. Am anderen Arm des Hebels befindet sich ein

Gegengewicht, das zum Gewichtsausgleich des Systems dient. Beide Schreibtrommeln werden nach Einschaltung eines Kegelradvorgeleges von derselben Welle aus gedreht, welche die Drehung der wagerechten Trommel besorgt. Diese Einrichtung dient zur Aufzeichnung der Tiefertauchung und der Trimmänderung des Modells während der Fahrt.

Beim Anfahren des Wagens wird auf das Modell vermittels zweier Mitnehmerhebel, die in festen Drehpunkten auf dem Rahmen p ruhen und deren untere Arme sich gegen zwei Querriegel x im Schlepprahmen legen, die Beschleunigung des Wagens übertragen, um nicht die Meßfeder in unnötige Schwingungen zu versetzen. Hat der Wagen die beabsichtigte gleichförmige Geschwindigkeit erreicht, so wird durch vorsichtiges Lösen der Mitnehmerhebel das Modell langsam in die Meßfeder eingeführt. Die Meßfeder wird nun so weit gespannt, bis sie dem jeweiligen Widerstand, den das Modell der Fortbewegung durch das Wasser entgegensetzt, das Gleichgewicht hält.

Der Modellwiderstand ist auch bei gleichmäßiger Geschwindigkeit innerhalb gewisser Grenzen veränderlich; ferner ändert sich wahrscheinlich infolge der auch in vollkommen glattem Wasser während der Versuchsfahrt stets eintretenden leichten Stampfbewegungen des Modells die Lage des Angriffspunktes des Wasserwiderstandes; endlich ist es praktisch nicht durchführbar, beim Lösen der Mitnehmerhebel das Modell so langsam in die Meßfeder einzuführen, daß diese nicht in Schwingungen gerät. Diese Umstände erklären die Erscheinung, daß die bei den Meßfahrten aufgezeichnete Federspannung nicht eine gerade Linie sondern angenähert eine Sinuslinie ist, bei deren Betrachtung berücksichtigt werden muß, daß die tatsächlichen Schwankungen der Federspannung infolge des Übersetzungsverhältnisses des oberen Hebels nur den zehnten Teil der auf der Schreibtrommel aufgezeichneten Ausschläge des Schreibstiftes betragen.

Die Auswertung der Versuchsergebnisse nach Aufzeichnung des Eichnetzes geschieht in ähnlicher Weise wie bei der Berechnung der Indikatordiagramme. Mit Hilfe eines Planimeters wird für einen Teil der Kurve der mittlere Druck bestimmt, dessen Größe man sodann mit Hilfe des Eichnetzes mit dem Maßstab auswerten kann. Aus dem zu obigen Kurventeil gehörenden Abschnitt der Weg- und Zeitaufzeichnung wird die Geschwindigkeit des Wagens während des Versuchs ermittelt.

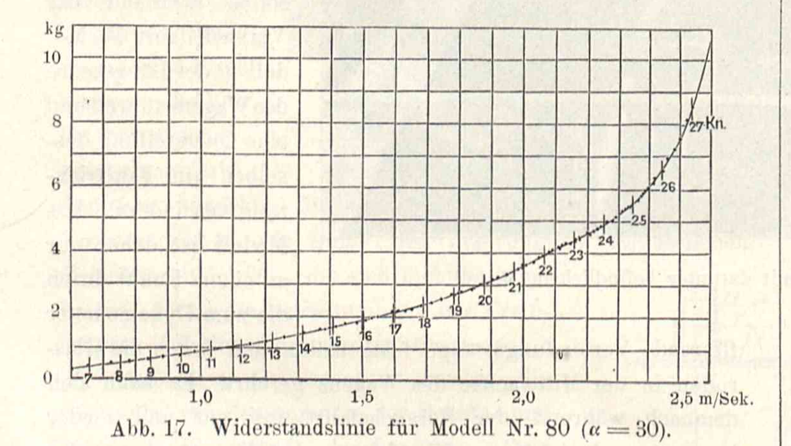


Abb. 17. Widerstandslinie für Modell Nr. 80 ($\alpha = 30$).

Die einzelnen Versuchsergebnisse werden sodann auf einem Papierbogen mit Millimeterteilung — die Geschwindigkeiten als Abszissen, die Widerstände als Ordinaten — aufgezeichnet (Text-Abb. 17). Aus der durch Verbindung der einzelnen Punkte erhaltenen Widerstandslinie kann sodann nach dem Froudeschen Verfahren, auf das an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden soll, die für jede beliebige Geschwindigkeit des Schiffes erforderliche effektive Maschinenleistung (PSe) errechnet werden.

Benutzung der Widerstandslinien. Aus dem Vergleich der Ergebnisse des Modellversuchs mit den Probefahrtsergebnissen bereits fertiggestellter Schiffe an der abgesteckten Meile, bei denen die Geschwindigkeit des Schiffes und die indizierte Maschinenleistung (PSi) gemessen wurde, ist es möglich, das Verhältnis: $\frac{\text{PSe}}{\text{PSi}}$ zu bestimmen. Mit Hilfe dieser Verhältniszahl, die bei Schiffen ähnlichen Typs für die entsprechende Geschwindigkeit annähernd konstant ist, läßt sich sodann an der Hand der PSe-Kurve angeben, welche Leistung die Maschinen für das untersuchte Schiff für die verlangte Geschwindigkeit haben müssen. Erwähnt werden muß noch, daß die Modellgeschwindigkeit nicht gleich der Schiffsgeschwindigkeit ist, sie hängt vielmehr ab von dem Verhältnis der Größe des Schiffes und des Modells. Soll z. B. ein Schiff von 150 m Länge 30 Knoten laufen, und erhält das Modell eine Länge von 6 m, so entspricht der obengenannten Schiffsgeschwindigkeit eine Modellgeschwindigkeit von $\frac{30}{\sqrt{\frac{150}{6}}} = 6$ Knoten oder von $6 \cdot 0{,}5144 = 3{,}0864$ m in der Sekunde. Je kleiner das Verhältnis der Größenabmessung zwischen Modell und Schiff ist, desto größer wird die der Schiffsgeschwindigkeit entsprechende Modellgeschwindigkeit. Bei den heutzutage üblichen Abmessungen unserer Torpedobootzerstörer, der schnellsten größeren Schiffe, würde bei einer Modellänge von etwas über 4 m eine Modellgeschwindigkeit von etwas über 5 m genügen, um die Maschinenleistung zu bestimmen, die für die Erreichung einer Schiffsgeschwindigkeit von 40 Knoten erforderlich ist. Die erreichbare größte Geschwindigkeit des Wagens von 7 m ist daher ausreichend, um auch bei bedeutend kleineren Fahrzeugen, z. B. Motorbooten, deren Modellänge man zu ungefähr 3 m annehmen kann, Messungen der Widerstände für Geschwindigkeiten über 40 Knoten hinaus durchzuführen.

Schleppversuche mit oben geschlossenen Modellen. Für die mehrfach in der Anstalt durchgeführten Schleppversuche mit oben geschlossenen Modellen mußten am Modelldynamometer einige nicht unwesentliche Änderungen getroffen werden, da einmal auf dem Modell, das oft auf Deck hohe Aufbauten hat, nicht der für die Verbindung mit dem Dynamometer und für die Führung des Schiffes erforderliche Schleppbügel angebracht werden konnte, der zudem auch bei Unterwasserfahrten den Widerstand des Modells vermehren würde, und da ferner der untere Arm des Dreieckhebels nicht wie erforderlich beliebig verlängert und in das Modell eingeführt werden kann. Hinzu kommt, daß ein vollkommen untergetauchtes Modell keinen Auftrieb besitzt und deshalb in der Schwebe gehalten werden muß. Alle diese Forderungen wurden durch die Einrichtung Text-Abb. 18 erfüllt. Nach Abnahme der vorderen und hinteren Führungsrollen werden am vorderen und hinteren

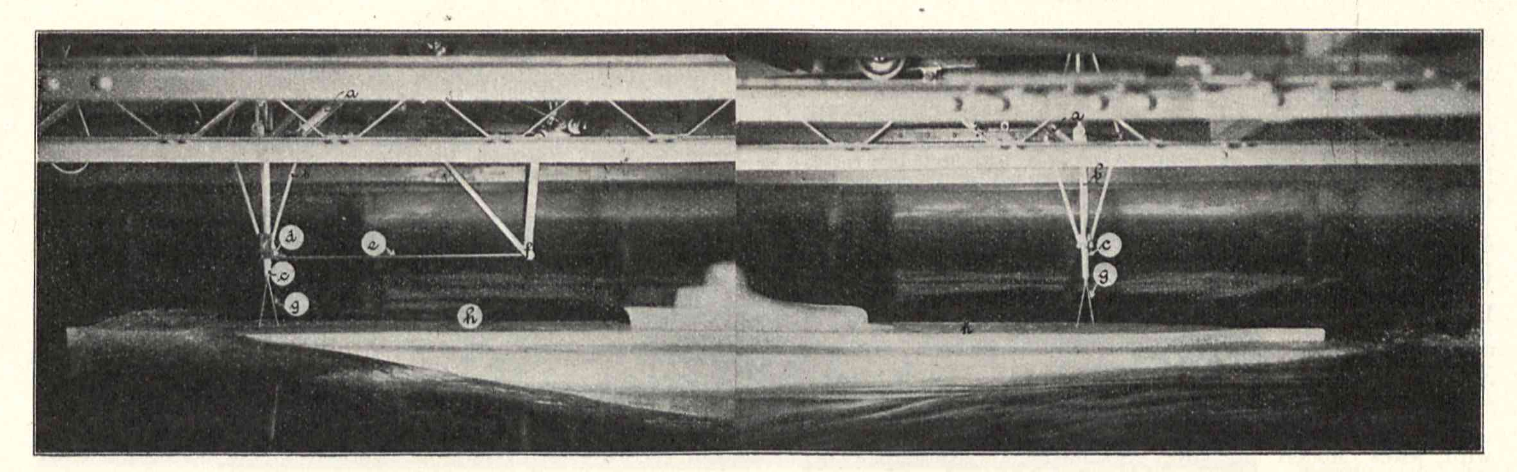


Abb. 18. Schleppvorrichtung für Unterwasserversuche.

Querträger je zwei Arme *a* angeschraubt, deren Enden Lager mit gehärteten Schalen tragen. In jedes Lager wird eine auf Schneiden gelagerte viereckige Laterne *b*, die aus vierkantigen hohlen Messingstäben zusammengebaut ist, eingelegt. Der obere und untere Bund der Laterne ist durchbohrt zum Einstecken einer Stange von elliptischem Querschnitt *c*. Anfangs wurden für diesen Zweck hohle Stangen genommen, wie sie in der Fahrradindustrie Verwendung finden; diese mußten jedoch später durch gezogene, volle Stahlstangen ersetzt werden, da sich die hohlen Stangen infolge der außerordentlich starken Beanspruchung beim Schleppen erheblich durchbogen. An der Unterkante der vorderen Laterne ist ein Auge *d* angebracht, von dem aus eine Stange *e* nach der unteren Schneide *f* des Modelldynamometers geht. Diese Stange liegt wagerecht. Am unteren Ende der beiden senkrechten Stangen befindet sich eine Gabel. In der Decke des Modells werden im Abstand der Stangen voneinander zwei Bügel *g* aus starkem Messingdraht befestigt und mit Paraffin umgossen, diese Bügel tragen an ihrem oberen Ende ein Auge, das in die Gabel der Stangen geschoben und dort durch einen Stift festgehalten wird. Das Modell ist für den Versuch so zu ballasten, daß es unter Zurechnung des Gewichtes der beiden senkrechten Stangen auf dem gewünschten Tiefgang schwimmt. Der Ballast — Bleistücke und Schrotsäcke — wird durch zwei in der Decke angeordnete metallene Handlöcher *h* eingebracht. Diese Löcher werden sodann durch Deckel mit Gummidichtung wasserdicht verschlossen. Da sich die Führungsstangen an Rollen, die im oberen und unteren Bund der Laterne angebracht sind, entlang frei auf und nieder bewegen können, kann sich auch das Modell bei Überwasserfahrten frei einstellen. Für Unterwasserfahrten, bei denen das Modell keinen Auftrieb mehr besitzt, wird am oberen Ende der Stange eine Schelle befestigt, mit der die Stange, die vorher auf die erforderliche Länge für die Unterwasserfahrt eingestellt wurde, auf den oberen Bund der Laterne aufliegt. Im allgemeinen werden untergetauchte Modelle so geballastet, daß sie nur ein 2 bis 3 kg größeres Gewicht haben, als ihre Wasserverdrängung beträgt. Beim Schleppen des Modells wird der Widerstand, den es hervorruft, durch die wagerechte Verbindungsstange *b* von der vorderen Führungsstange zum Dynamometer auf das letztere übertragen und auf der Schreibtrommel in der bekannten Weise aufgezeichnet. Bei Unterwasserfahrten ragen die senkrechten Stangen in das Wasser und vermehren in Fahrt den Widerstand des Modells. Durch eine Reihe von Fahrten mit eingelegten Stangen, jedoch unter Fortlassung des Modells, wird der Leergangswiderstand des Apparates bestimmt. Der Unterschied zwischen dem ursprünglich gemessenen Widerstand und dem Leergangswiderstand gibt den Modellwiderstand. Die Federspannungen sind zur Bestimmung des wirklichen Modellwiderstandes noch im Verhältnis der beiden Hebelarme, von Schneide der Laterne einmal bis zum Angriffspunkt der wagerechten Verbindungsstange zum Dynamometer und bis zum Verbindungspunkt zwischen Führungsstange und Modell umzurechnen.

Um die Zulässigkeit dieses Schleppverfahrens zu untersuchen, wurde das erste in dieser Weise geschleppte Modell durch Fortnahme des Decks in ein oben offenes Modell verwandelt und sodann nach Auflegung des Schleppbügels in der sonst üblichen Weise für die Überwasserfahrt geschleppt. Die nach beiden Verfahren ermittelten Widerstandslinien deckten sich vollkommen. Da sich bei Überwasserfahrten infolge der Trimmänderung des Modells der Hebelarm von der Laternenschneide bis zum Modell stetig ändert, wird ferner die senkrechte Verschiebung der vorderen Führungsstangen während jedes Versuches ermittelt.

Diese ursprünglich nur für Unterwasserfahrten bestimmte Einrichtung ist auch für Versuche mit oben offenen Modellen geeignet, die auf verschiedenen Wassertiefen geschleppt werden sollen. Da die untere Schneide des Dreieckhebels im Modelldynamometer in der Höhenlage nicht verstellt werden kann, da ferner die Verbindungsstange zum Modell stets wagerecht eingestellt werden muß, kann für diese Versuche der Wasserspiegel nicht gesenkt werden, um auf diese Weise die Herstellung der gewünschten Wassertiefe zu erreichen. Man mußte daher bisher zur Erreichung des flacheren Wassers stets den eingebauten Boden heben, was nicht selten ein Ablassen und nachheriges Wiederauffüllen der Rinne nach jeder Versuchsreihe bedingte. Vermittels der oben beschriebenen Einrichtung ist es möglich, bei fest eingebautem Boden die gewünschte Wassertiefe durch Senkung des Wasserspiegels herzustellen und das Modell sodann an den verlängerten Führungsstangen zu schleppen. Wenn auch nicht beabsichtigt ist, bei einem Versuch, bei dem ein Modell z. B. nacheinander auf der zwölf-, zehn-, acht-, sechs-, vier- und zweifachen Wassertiefe seines Tiefgangs zu schleppen ist, die sechs verschiedenen Versuchsreihen lediglich durch Senkung des Wasserspiegels in der oben beschriebenen Weise

durchzuführen, da infolge des außerordentlichen langen Hebelarmes die am Dynamometer auftretenden Kräfte sehr groß werden würden, so wird es sich doch ermöglichen lassen, die Versuche bei einer nur einmaligen Senkung des Bodens für begrenztes Wasser durchzuführen, während sonst bei Verwendung des Froudeschen Dynamometers der Boden nach dem Einbau noch viermal verstellt werden müßte. Ermöglicht wird diese Art der Versuchsdurchführung, bei der das Dynamometer außerordentlich stark beansprucht wird, durch die kräftige Bauweise desselben. Verschiedentlich sind auf der Meßtrommel Widerstände bis zu 50 kg aufgezeichnet worden.

Umfang eines Schleppversuches. Im allgemeinen wird jedes Modell für drei verschiedene, gewöhnlich bei größeren Schiffen um 0,5 m auseinanderliegende Tiefgänge geschleppt, und zwar von sechs bis acht Knoten ab bis ungefähr drei Knoten über die größte verlangte Geschwindigkeit hinaus. Für jeden Tiefgang sind zur Bestimmung der Widerstandslinie je nach den Grenzen der Geschwindigkeit 30 bis 50 Fahrten erforderlich. Da die Anstalt Modelle bis zu 7 m Länge und 1 m Breite anfertigen und diese auch bis zu 7 m Geschwindigkeit in der Sekunde schleppen kann, und da ferner möglichst große Modellabmessungen für die Genauigkeit der Versuchsergebnisse erwünscht sind, gibt die Anstalt den zu erprobenden Modellen möglichst große Abmessungen. Die größten bisher geschleppten Modelle hatten eine Wasserverdrängung für den Konstruktionstiefgang bis zu rund 750 kg für Seeschiffe und bis zu rund 1300 kg für Kanalkähne.

Bei sämtlichen bisher für die Marine angefertigten Modellen wurden Linienschiffe und große Kreuzer in $^1/_{30}$, kleine Kreuzer in $^1/_{20}$ und Torpedoboote in $^1/_{15}$ Maßstab der linearen Abmessungen ausgeführt, so daß die Modelle ein und derselben Schiffsklasse stets im gleichen Maßstab untersucht werden, was für einen einwandfreien unmittelbaren Vergleich der Versuchsergebnisse untereinander zweifellos sehr günstig ist.

Zeitdauer der Versuche. Nach den bisherigen Erfahrungen erfordert die Anfertigung eines Modells, bis es als schleppfertig bezeichnet werden kann, einen Zeitraum von sechs bis acht Arbeitstagen. Zur Durchführung eines Schleppversuchs auf einen Tiefgang sind je nach den Grenzen der Geschwindigkeit eineinhalb bis zwei Tage erforderlich. Rechnet man für die Zusammenstellung der Versuchsergebnisse zwei Tage, so kann ein Schleppversuch nach Eingang des Linienrisses des Schiffes, wenn es auf drei Tiefgängen geschleppt werden soll, nach 14 bis 18 Arbeitstagen abgeschlossen vorliegen. Für einen Versuch mit einem unter Wasser zu schleppenden Modell muß jedoch mit Rücksicht auf die weit zeitraubendere Arbeit für die Herstellung des Modells mit einem Zeitraume von rund 20 Arbeitstagen gerechnet werden. Seit Inbetriebnahme der Anstalt haben sich bisher stets mindestens drei Modelle gleichzeitig in Vorbereitung oder in der Untersuchung befunden. Während ein Modell geschleppt wird, kann das zweite auf der Fräsmaschine geschnitten und sodann weiter bearbeitet werden, ein drittes Modell wird zur gleichen Zeit eingeformt und gegossen.

Versuche mit Modellen mit Anhängen. Für die Untersuchung über den Einfluß der Formgebung auf die Größe des Widerstandes der Modelle genügt es, die letzteren „glatt" zu schleppen, d. h. die Modelle für den Versuch nur mit den Steven zu versehen. Ist es erwünscht, durch Schleppversuche den Einfluß zu ermitteln, den die Anhänge wie Ruder, Wellenböcke, Wellenhosen, Wellenaustritte, Schlingerkiele oder Dockkiele auf die Vermehrung des Schleppwiderstandes ausüben, so werden diese Teile aus Paraffin oder Holz angefertigt und in das Paraffinmodell eingegossen. Das Modell kann dann entweder mit allen Anhängen oder, wenn es sich darum handelt, den günstigsten Verlauf der Schlingerkiele oder den Einfluß der Wellenaustritte am Schiff durch Versuche zu bestimmen, mit den in Frage kommenden Anhängen allein geschleppt werden.

Lichtbildaufnahmen der Wellenprofile am Modell. Schon Froude hat auf Grund seiner ersten Versuche mit dem Modell des Greyhound darauf hingewiesen, daß die am Modell entstehenden Wellen ihrer Länge und Höhe nach übereinstimmen mit dem Wellenverlauf an dem in Fahrt befindlichen Schiff. Der Umfang dieser Oberflächenstörung, welche den Gesamtwiderstand des Modells wesentlich beeinflußt, ist abhängig von der jeweiligen Formgebung des Schiffes namentlich für höhere Geschwindigkeiten. Es ist daher von Wert, für eine Reihe von Geschwindigkeiten Lage und Größe der das Modell begleitenden Welle aufzuzeichnen. Dieses geschieht auf photographischem Wege oder durch Anreißen der Welle am Modell. Da später bei den Probefahrten das Schiff auch nur von einem Begleitdampfer, d. h. von einem Punkt dicht über Wasser aus photographiert wird, genügt es auch für die während der Modellversuche anzufertigenden Aufnahmen, die photographischen Apparate unter dem Versuchwagen ungefähr 25 cm über der Wasseroberfläche anzubringen. Je nach der Länge des aufzunehmenden Modells werden zwei oder drei Kameras unter dem linken Längsträger des Gerätewagens in ungefähr 2,5 m Abstand vom Modell befestigt. Die von der Firma Ottomar Anschütz s. Zt. für die Versuche auf dem Dortmund-Ems-Kanal gelieferten Apparate für eine Plattengröße 13 × 18 cm haben Goerzsche Doppelanastigmate von genau gleicher Brennweite und Momentrollverschlüsse. Sämtliche Aufnahmen werden mit Blitzlicht angefertigt. Neben den Apparaten werden zwei bis drei 20 cm lange Rinnen zur Aufnahme der aus gleichen Teilen Magnesium und übermangansaurem Kali bestehenden Blitzlichtmischung befestigt. Die Entzündung des Blitzlichtpulvers und die gleichzeitige Auslösung der Momentverschlüsse der Apparate erfolgt selbsttätig auf elektrischem Wege durch den Wagen, der kurz hinter dem Lichtschacht durch Herunterdrücken eines Druckknopfes den Stromkreis schließt. Während der gesamte Strom mit 110 Volt Spannung einen dünnen mit Blitzlichtpulver überschütteten Nickelindraht zum Glühen bringt, ist in dem Stromkreis zu den Magnetspulen der Momentverschlüsse ein starker Widerstand eingeschaltet. Der Wagenstrom wurde erst nachträglich für photographische Zwecke nutzbar gemacht, als eine für diesen Zweck ursprünglich bestimmte Trockenbatterie häufig zu Versagern Anlaß gegeben hatte.

Wie schon ausgeführt, dienen diese Lichtbildaufnahmen (Text-Abb. 19 bis 23) lediglich zum Vergleich der Welle am Modell und am Schiff. Für ein genaues Studium der das Modell begleitenden Welle genügt nicht nur eine Aufnahme derselben von der Seite, das Modell müßte vielmehr für diesen Zweck an einem Ausleger vor dem Wagen hergeschleppt

werden, so daß es gleichzeitig von der Seite, von oben, von vorn und hinten photographiert werden kann.

Im Vorversuch befinden sich zur Zeit noch Einrichtungen, um auch mit Hilfe photographischer Apparate unter Wasser

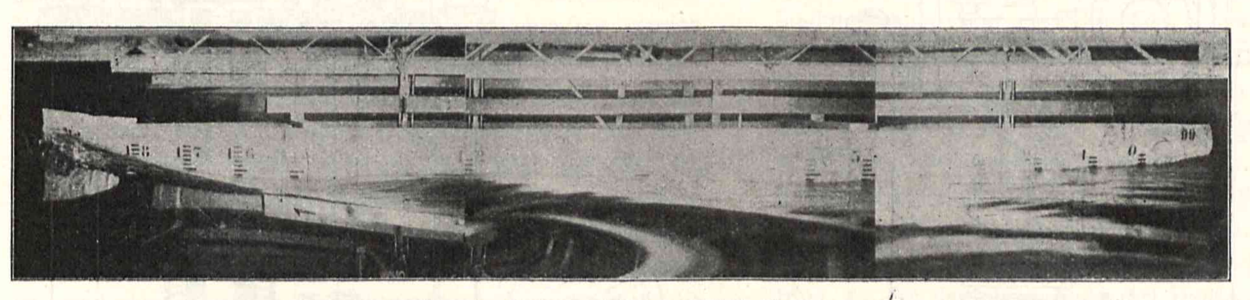


Abb. 19. Linienschiff. $v = 19\,^1/_4$ Knoten.

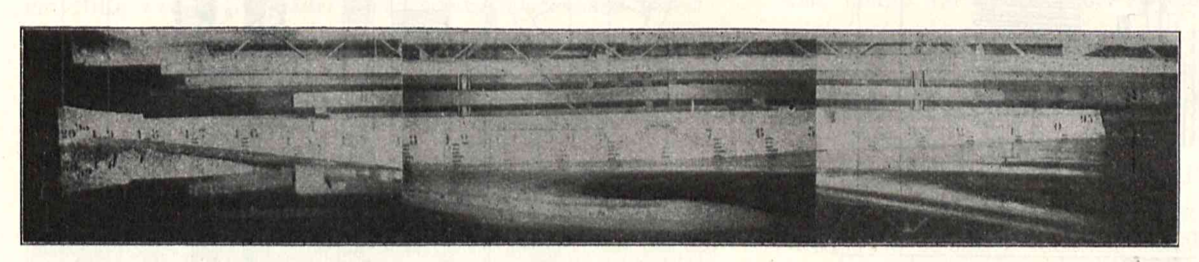


Abb. 20. Großer Kreuzer. $v = 24\,^1/_2$ Knoten.

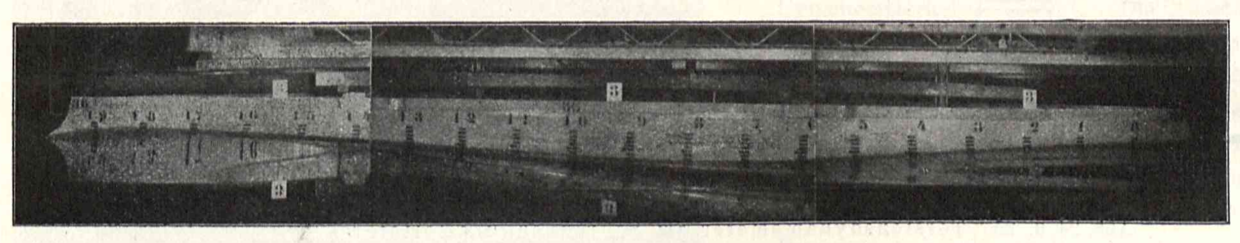


Abb. 21. Kleiner Kreuzer. $v = 24\,^1/_2$ Knoten.

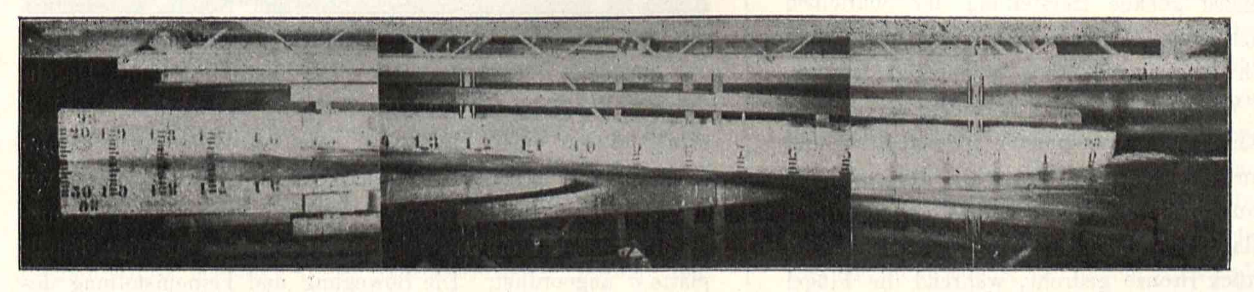


Abb. 22. Torpedoboot. $v = 30$ Knoten.

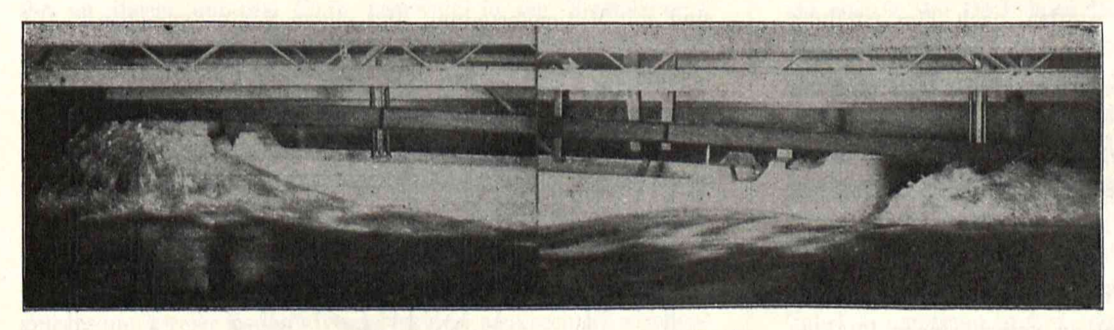


Abb. 23. Pionierponton. $v = 8$ Knoten.

Aufnahmen des in Fahrt befindlichen Modells vornehmen zu können. Die Versuche sind bisher daran gescheitert, daß es nicht gelungen ist, die Paraffinmodelle genügend stark zu beleuchten. Die ungemein große Lichtundurchlässigkeit des in der großen Rinne befindlichen, einem Tiefbrunnen entnommenen Wassers und der große Abstand der Lichtquelle vom Modell erschweren diese Versuche außerordentlich.

C. Einrichtung für Versuche mit Modellschrauben.

Hinter dem Modelldynamometer ist auf dem Gerätewagen das Schraubendynamometer aufgestellt, das zur Vornahme von Versuchen mit Modellschrauben bestimmt ist. Bei diesen Versuchen handelt es sich um die Ermittlung des achsialen Schubes, d. h. der Nutzleistung der Schraube und der Kraft, die notwendig ist, die Schraube mit einer bestimmten Umdrehungszahl zu drehen. Das jeweilige Verhältnis beider Werte gibt die Nutzleistung der Schraube. Die Schrauben werden entweder im freien Wasser oder hinter einem Schiffsmodell untersucht.

Die Schrauben werden, sofern sie hinter dem Modell geschleppt werden sollen, im gleichen linearen Verjüngungsmaßstab ausgeführt wie das Modell. Für die Herstellung der Schrauben kommt in erster Linie Bronze in Betracht, weil die einzelnen Teile nur dann auf Hochglanz zur Verminderung der Reibung poliert werden können. Da die Anstalt jedoch keine Einrichtungen zum Guß derartiger Stücke besitzt, und da die auswärtige Bestellung von Gußstücken oft geraume Zeit in Anspruch nimmt, sollen sie bis auf weiteres wie in den anderen Versuchsanstalten aus einer leicht schmelzbaren Legierung hergestellt werden. Die Legierungen, die in Betracht kommen, haben etwa folgende Zusammensetzung:

	Zinn	Blei	Wismut	Antimon	Kalzium	Schmelzpunkt
1. Gewichtsteile . .	10	3	2	1	—	—
2. „ . . .	4	8	15	—	3	68°
3. „ . . .	2	5	8	—	—	77°
4. „ . . .	1	1	1	—	—	99°

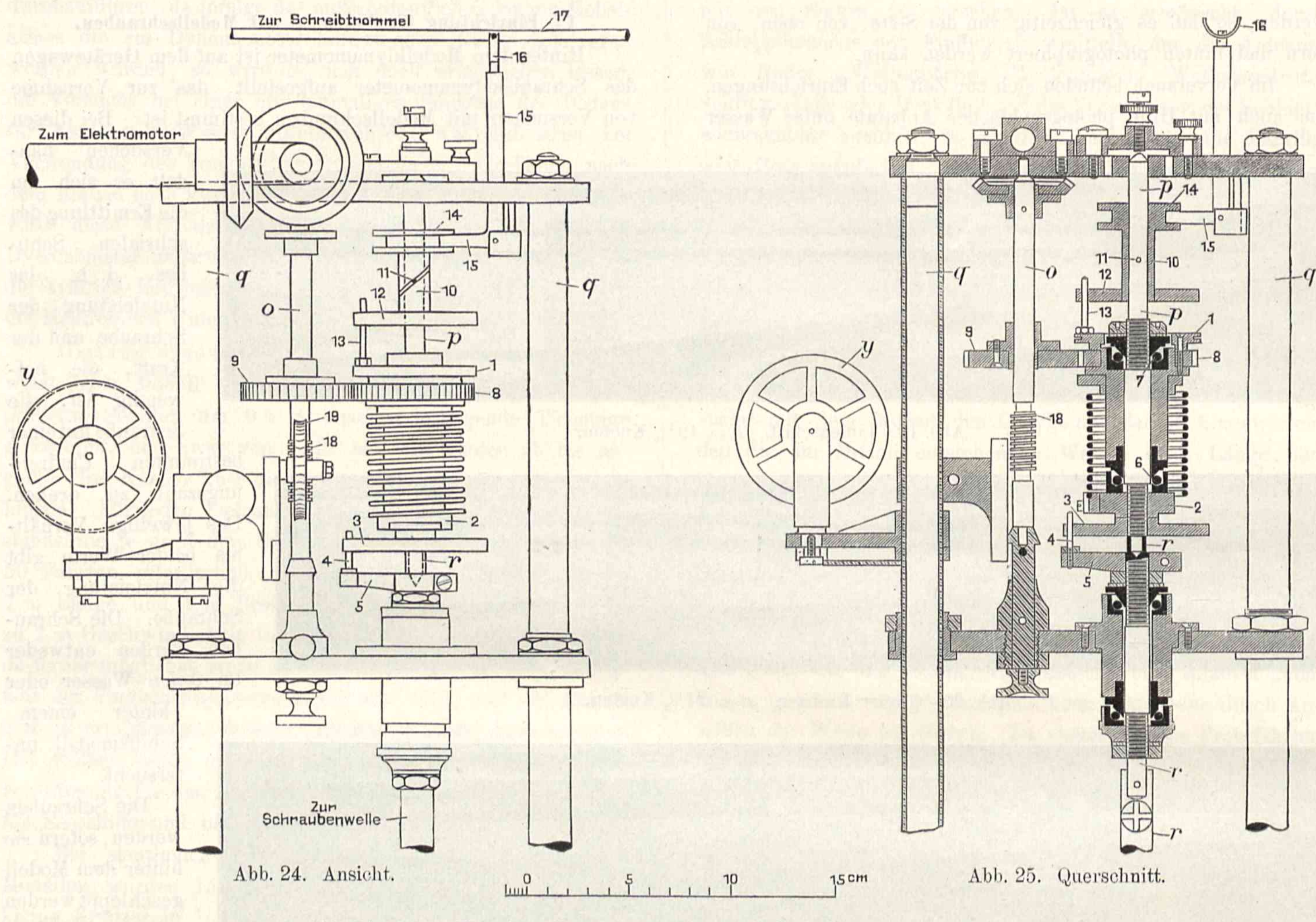


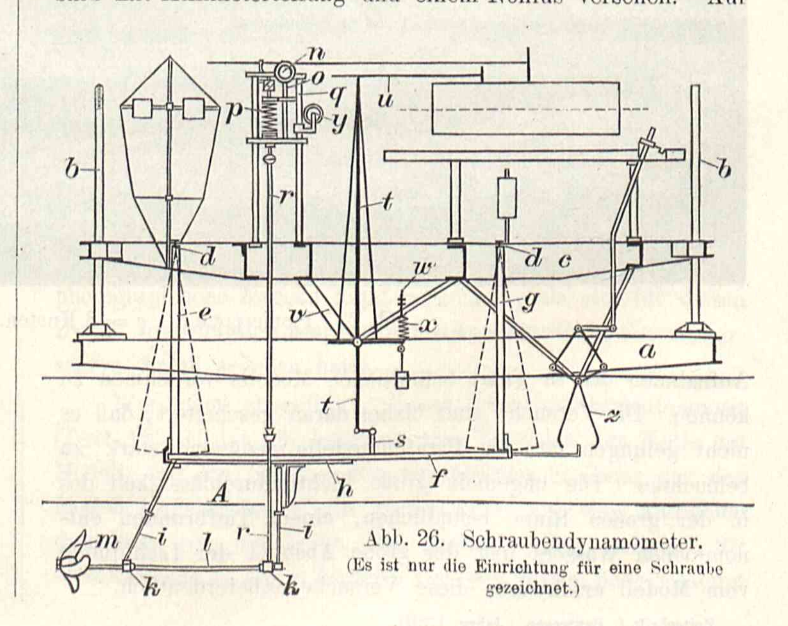
Abb. 24. Ansicht.
Abb. 25. Querschnitt.

Abb. 24 u. 25. Torsionsdynamometer am Schraubendynamometer.

Da eine möglichst genaue Herstellung der Schrauben von größtem Wert ist, sollen die Schrauben nicht, wie bisher fast allgemein üblich, aus einem Stück angefertigt werden, da es bei diesem Verfahren äußerst schwierig ist, genau gleichen Abstand der Flügel voneinander innezuhalten und alle Flügel vollkommen gleich zu gestalten. Es empfiehlt sich vielmehr, Schraubennabe und Flügel einzeln anzufertigen und die Schraube dann zusammenzusetzen. Die Nabe wird aus einem vollen Stück Bronze gedreht, während die Flügel sämtlich aus einer der obigen Legierungen in einer Form gegossen werden. Die Flügel werden nach Fertigstellung auf der Nabe befestigt, diese Herstellungsweise gestattet auch noch eine für die Versuche erwünschte Verstellung der Flügel, d. h. eine Änderung der Schraubensteigung.

Nach der Fertigstellung wird die richtige Ausführung der Schraube vor der Erprobung auf der Schraubenaufmeßvorrichtung eingehend untersucht. Mit Hilfe dieser Vorrichtung kann der Abstand der Flügelspitzen von der Mitte der Nabe, Zentri- und Neigungswinkel der Flügelachsen und die Steigung der einzelnen Flügel an verschiedenen Punkten ihrer Oberfläche bestimmt werden.

Die Schraubenaufmeßvorrichtung (Text-Abb. 27). In einem auf dem Untergestell *a* verschiebbaren Bock *b* ist eine Achse *c* wagerecht gelagert, auf deren freiem Ende die aufzumessende Schraube *d* mit ihrer Bohrung gesetzt wird. Die Drehung der Achse und der Schraube erfolgt entweder von Hand oder zur Feineinstellung mit Hilfe einer auskuppelbaren Schnecke mit Schneckenrad *e*, *f*. Auf dieser Achse ist ferner eine Gradscheibe *g* mit Nonius *h* befestigt, die eine Ablesung des Zentriwinkels zwischen den Achsen der einzelnen Flügel gestattet. Die Bestimmung des Durchmessers der Schraube und der Steigung der einzelnen Flügel erfolgt durch einen Meßstift *i*, der mit Hilfe eines Kreuzschlittens *k*, *l* parellel und senkrecht zur Schraubenachse vor der Schraube entlang bewegt werden kann. Der Kreuzschlitten ist auf einem Sockel *m* verschiebbar auf der Grundplatte *a* angeordnet. Die Bewegung und Feineinstellung des Schlittens geschieht lediglich von Hand. Beide Schlitten sind mit Millimeterteilung und einem Nonius versehen. Auf


Abb. 26. Schraubendynamometer.
(Es ist nur die Einrichtung für eine Schraube gezeichnet.)

der Vorrichtung können Schrauben bis zu 350 mm Durchmesser und bis zu 700 mm Steigung aufgemessen werden.

Das Schraubendynamometer (Abb. 1 bis 4 Bl. 35, Abb. 2 Bl. 36 u. Text-Abb. 26). Das Schraubendynamometer gestattet zur Zeit die Erprobung von drei Schrauben; die Ergebnisse der Versuche mit den einzelnen Schrauben werden unabhängig voneinander auf einer gemeinsamen Schreibtrommel aufgezeichnet, auf der außer dem achsialen Schub und der zum Drehen der Schraube erforderlichen Kraft die Umdrehungen der einzelnen Schrauben, der Weg und die Zeit, d. h. die jeweilige Geschwindigkeit des Wagens aufgezeichnet werden. In den Ecken eines rechteckigen, auf vier Rädern gelagerten Rahmens *a*, der aus gebörtelten Blechen gebaut ist, sind vier senkrechte Schraubenspindeln *b* angeordnet, die mit Hilfe zweier Handräder und Kegelradübersetzung gleichzeitig gedreht werden können und dabei einen zweiten rechteckigen Rahmen *c* auf und nieder bewegen. In diesem oberen Rahmen hängen in Pendelfedern *d* frei beweglich drei von-

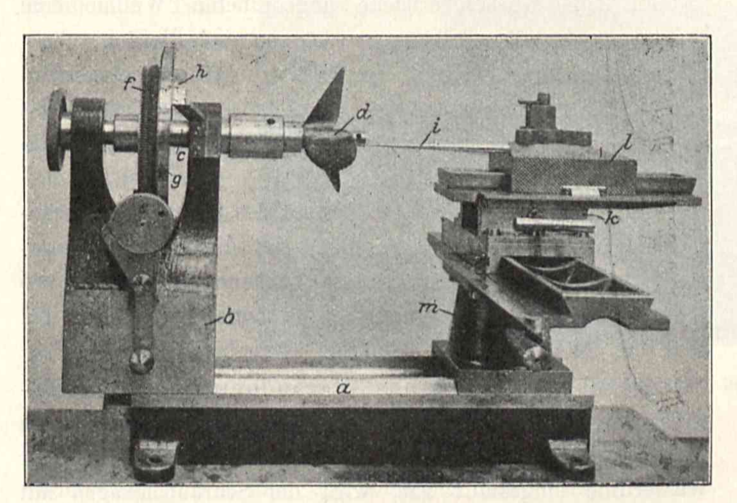


Abb. 27. Schraubenaufmeßvorrichtung.

einander unabhängige rechteckige Rahmensysteme *e*, *f*, *g*, die aus durchlochten Winkeleisen möglichst leicht ausgeführt und doch genügend versteift sind. Unter den drei wagerechten Rahmen *f* dieses Systems werden die Schraubenträger *A* mit Flügelmuttern befestigt. Der Schraubenträger besteht aus einer Grundplatte *h* mit vier in Gelenken ruhenden Stützen *i*, die an ihrem unteren Ende paarweis je ein Kugellager *k* tragen, das die wagerecht angeordnete Schraubenwelle *l* umschließt. Auf dem frei nach vorn gerichteten Wellenende wird die zu erprobende Schraube *m* gesetzt. Der Antrieb der Schrauben erfolgt zwangläufig von einem auf dem hinteren Querträger des Gerätewagens aufgestellten 2 PS-Motor aus. Der Motor setzt eine quer zur Längsachse des Dynamometers, über dem Tisch gelagerte Welle *n* in Bewegung, von der gleichzeitig durch Vermittlung eines veränderlichen Vorgeleges und zweier Kegelradvorgelege drei senkrechte Zwischenwellen *o* angetrieben werden. Jede der Zwischenwellen ist zusammen mit dem zugehörigen Torsionsdynamometer *p* in einem dreibeinigen Bock *q* in Höhe des Zeichentisches gelagert. Die Achse des Dynamometers ruht mit ihrem unteren Ende in einem Spurlager der senkrechten Antriebwelle *r* der Schraubenachse.

Jeder der drei wagerechten, dicht über Wasser angeordneten Pendelrahmen trägt in der Mitte eine Querrippe *s* mit einem Auge, in dem die Verbindungsstange zum Schubdynamometer befestigt ist. Dieses Dynamometer ist ähnlich ausgeführt wie das Modelldynamometer, nur besteht es aus einem ungleicharmigen Hebel *t*, dessen Arme im Verhältnis 1 : 3 stehen. An dem kürzeren unteren Arm greift die Verbindungsstange zum Pendelrahmen an, während der längere Arm ein Aluminiumrohr *u* mit Schreibfeder trägt. Das Dynamometer ist mit Doppelschneiden in einem zweiteiligen Bock *v* gelagert, der unter zwei Querträgern des oberen beweglichen Rahmens *c* befestigt ist. In einer wagerechten Verbindungsstange der hinteren Beine der beiden Böcke *v* ist senkrecht verschiebbar eine Schraube *w* mit feinem Gewinde vorgesehen, die an ihrem unteren Ende eine Schneide trägt, in der das obere Ende der Dynamometerfeder *x* ruht. Das untere Ende der Feder umfaßt die an einem dritten wagerechten Arm des Schubdynamometerhebels angebrachte Schneide. Die Feder wird durch Gewichte dauernd gespannt und damit der Pendelrahmen in der Ruhelage festgehalten.

Aufzeichnung des achsialen Schubes. Während der Versuchsfahrt wird sich der Pendelrahmen infolge des Drucks, den die Schraube bei ihrer Fortbewegung durch das Wasser in achsialer Richtung ausübt, in der Fahrtrichtung, d. h. nach vorn zu legen suchen, dadurch wird auch der Dynamometerhebel bewegt. Die Ausschläge dieses Hebels, die nach Eichung der Feder in der beim Modelldynamometer beschriebenen Weise die Größe des achsialen Schubes angeben, werden auf der Trommel für jede Schraube gesondert aufgezeichnet. Da der wagerechte Arm, an dem die Belastungsgewichte der Federn hängen, aus Mangel an Raum nur die halbe Länge des nach unten gerichteten Armes des Dynamometerhebels erhalten konnte, sind die aus den Schubdiagrammen ermittelten Werte zu halbieren zur Errechnung der wahren Größe des achsialen Schubes des Systems.

Torsionsdynamometer (Text-Abb. 24 u. 25). Die Kraft, die erforderlich ist, um die Schraubenwellen bei der jeweiligen Umdrehungszahl und Wagengeschwindigkeit zu drehen, wird mit Hilfe eines Torsionsdynamometers besonderer Konstruktion gleichfalls für jede Schraube getrennt aufgezeichnet. Die Spindel des Torsionsdynamometers *p* ruht, wie bereits erwähnt, mit einem Spurzapfen im oberen Ende der senkrechten Antriebwelle *r* der Schraubenwelle, während sie oben in der Deckplatte des dreibeinigen Bockes *q* in einem Halslager gelagert ist. Die auf Verdrehen beanspruchte Spiralfeder ist mit ihren beiden Enden am Umfange je eines Bundes *1* u. *2* zweier über die Achse gestreiften Hülsen befestigt; sie kann im Laufe des Versuches durch eine andere ersetzt werden. Das Torsionsdynamometer kann zum Auswechseln der Federn leicht aus dem Apparat herausgenommen werden. Die untere Hülse ist fest mit der Dynamometerachse verbunden und greift mit einer an ihrer Unterseite sitzenden Gabel *3* um einen Stift *4*, der auf einem Flansch *5* der senkrechten Antriebwelle befestigt ist. Die obere Hülse ist lose mit Spielraum über die Achse des Dynamometers geschoben und läuft in den Kugellagern *6* u. *7* auf der unteren Hülse und auf der Achse; sie trägt oben ein Stirnrad *8*, das in ein gleiches Rad *9* auf der mit ihr im dreibeinigen Bock gelagerten Zwischenspindel *o* eingreift, und eine Schnurscheibe *y*, die für die Eichung der Spiralfeder nach Beendigung der Versuche notwendig ist. Beim Anlassen des

Antriebmotors überträgt das Stirnrad *9* auf der senkrechten Zwischenwelle *o* die von ihm ausgeübte Kraft auf das Stirnrad *8* an der oberen Hülse des Torsionsdynamometers, spannt die Spiralfeder, bis sie imstande ist, das Drehmoment auf die untere Hülse und dann weiter durch Vermittlung der Mitnehmereinrichtung 3 bis 5 auf die senkrechte Antriebwelle *r* der Schraubenachse und damit auf die Schraubenwelle *l* zu übertragen.

Aufzeichnung der Torsionskraft. Mit Hilfe einer losen Hülse *10*, die über dem Torsionsdynamometer auf die Achse desselben geschoben wird, kann die jeweilige Verdrehung der Spiralfeder auf die Schreibtrommel übertragen werden. Diese Hülse ist mit einem spiralförmigen Schlitz versehen, in dem sich ein in die Achse des Dynamometers eingeschraubter Stift *11* bewegt. Da die Hülse mit dem Schlitz vermittels einer Gabel *12*, die über einen Mitnehmerstift *13* auf den Bund der oberen Hülse *1* greift, an der Verdrehung dieser Hülse teilnehmen muß, während der Stift im Schlitz der Hülse von der jeweiligen Verdrehung der unteren Hülse des Torsionsdynamometers und der mit ihm fest verbundenen Achse abhängig ist, wird sich bei einer Kraftübertragung durch das Dynamometer, abgesehen von der Drehbewegung des Systems, die Hülse auf und nieder bewegen, entsprechend der jeweiligen Verkürzung der Meßfeder. Diese Hülse umschließt mit einer Führungsnut *14* ein Laufrädchen, das an dem einen Arm eines Winkelhebels *15* befestigt ist, der mit seinem Drehpunkt an der Deckplatte des dreibeinigen Bockes *q* befestigt ist. Der Winkelhebel trägt an seinem freien Arm in einer Gabel *16* einen Schreibarm *17*, durch den die senkrechten Bewegungen der geschlitzten Hülse d. h. die Größe der Verdrehung der Spiralfeder zur Zeichentrommel hin übertragen wird.

Nach Beendigung einer Versuchsreihe wird die Torsionsfeder geeicht durch Gewichte, die an einer Schnur hängen, die über eine Rolle zur Schnurscheibe *y* an der oberen Hülse des Dynamometers geleitet ist. Vor Beginn der Eichung muß naturgemäß das antreibende Stirnrad *9* auf der Zwischenspindel ausgeschaltet werden, um eine freie Bewegung der oberen Hülse des Dynamometers um seine Achse zu ermöglichen, während die Antriebwelle zur Schraubenachse festzuklemmen ist.

Aufzeichnung der Umdrehungen, des Weges und der Zeit. Die jeweilige Umdrehungszahl der Schraube wird von der Zwischenwelle *o* aus aufgezeichnet, die unter dem Stirnrad eine Schnecke *18* trägt, in die entweder ein Schneckenrad *19* mit 10 oder 100 Zähnen eingreift. Nach jeder Umdrehung des Schneckenrades wird durch einen Kontakt der Stromkreis der Schreibvorrichtung geschlossen. Die größere Übersetzung ist erforderlich für Schrauben mit hoher Umdrehungszahl, da eine Aufzeichnung von 10 zu 10 Umdrehungen dann mit Rücksicht auf die geringe Umdrehungsgeschwindigkeit der Schreibtrommel nicht ausführbar ist. Die Schreibtrommel wird zusammen mit der Trommel auf dem Tische des Modelldynamometers und den Trommeln zur Aufzeichnung der Trimmänderung vom Rad des Gerätewagens angetrieben. Ferner werden auf beiden Trommeln die Zeiten in halben Sekunden von einem gemeinsamen Uhrwerk aus vermerkt.

Wie beim Modelldynamometer werden auch mit dem Schraubendynamometer nur Versuche in einer Richtung der Rinne vorgenommen. Für die Rückfahrt werden die Rahmen durch eine gemeinsame Fangvorrichtung *z* (Text-Abb. 26) vom Zeichentisch aus festgestellt.

Mit Hilfe einer umfangreichen und feinstufigen Reguliervorrichtung am Anlasser des Motors, sowie durch Einschaltung eines auswechselbaren Vorgeleges zwischen Motor- und Antriebwelle der Schrauben kann die Umdrehung der Wellen bis auf 3000 in der Minute beliebig eingestellt werden. Diese hohen Umdrehungszahlen sind erforderlich für Versuche mit Schrauben, die durch Dampfturbinen angetrieben werden sollen.

Mit dem Schraubendynamometer können Versuche mit 1, 2 und 3 Schrauben an drei verschiedenen Wellen gemacht werden. Die Wellenachsen können parallel zueinander oder unter einem beliebigen Winkel zur mittleren Welle eingestellt werden. Ferner läßt sich eine Verschiebung der Wellen in der Längsrichtung gegeneinander ermöglichen. Da das Modell während der Fahrt seine Tauchung und Trimmlage ändert und damit auch die in der Ruhelage des Schiffes meist parallel zur Wasseroberfläche angeordneten Wellen eine Neigung zu derselben bekommen, können auch die Schraubenträger unter einem Winkel zur Wasseroberfläche eingestellt werden. Ferner ist es möglich, den Modellwellen, die meist in einer Ebene liegen werden, verschiedene Höhenlage zueinander zu geben.

Die vorderen Räder am Rahmen des Schraubendynamometers laufen exzentrisch in Buchsen, die um ihre wagerechte Achse drehbar sind. Diese Vorkehrung gestattet, die Schrauben auch hinter einem Schiffe laufen zu lassen, bei dem das Heck den Schraubenkreis überschneidet.

Durchführung eines Versuches mit Modellschrauben. Erst wenn das Modell seine Fahrt aufgenommen und sich für die betreffende Geschwindigkeit richtig zur Wasserlinie eingestellt hat, wird der Schraubenwagen mit Hilfe eines Gelenkhebels soweit nach vorn geschoben, daß die Schrauben in die Stellung kommen, die sie beim Schiff hinter den Wellenböcken, Wellenachsen oder hinter dem Schraubensteven einnehmen. Der diesen Hebel bedienende Arbeiter muß dauernd darauf achten, daß die Schrauben dicht hinter dem Bock oder Steven bleiben, ohne ihn jedoch zu berühren, da sonst die freie Bewegung des Modells in der Längsachse des Wagens behindert und die Größe des Modell widerstandes sowie des achsialen Schubes beeinflußt wird. Nach dem Vorschieben des Schraubendynamometers beginnen die Messungen an beiden Apparaten gleichzeitig. Die Wiederholung der Messung des Modellwiderstandes eines bereits ohne Schrauben geschleppten Modells ist erforderlich, weil der Modellwiderstand, beeinflußt durch die hinter dem Modell arbeitenden Schrauben, wesentlich vermehrt wird.

Während beim Modellversuch die der Schiffsgeschwindigkeit entsprechende Modellgeschwindigkeit um so kleiner wird, je größer das lineare Ähnlichkeitsverhältnis zwischen Schiff und Modell ist, verhält es sich mit der Umlaufgeschwindigkeit der Modellschraube umgekehrt. Ist z. B. das lineare Ähnlichkeitsverhältnis zwischen Schiff und Modell — folglich auch zwischen den Schrauben — 1 : 25, und würden die Schrauben bei 25 Knoten 250 Umdrehungen machen, so entspricht dem eine Schleppgeschwindigkeit des Modells von 2,57 m/sek und eine Umdrehungszahl der Modellschrauben von $250\sqrt{25} = 1250$ in der Minute.

Die Schrauben werden, wie die Modelle mit steigender Geschwindigkeit, mit wachsender Umdrehungszahl geschleppt, dabei wird jedesmal achsialer Schub, Torsionskraft, Zahl der Umdrehungen, Zeit und Weg sowie am Modelldynamometer der Widerstand des Modells aufgezeichnet. Die Eichung der Federn wird in derselben Weise ausgeführt, wie vorher bei den Modellversuchen besprochen worden ist. Die Auswertung der Diagramme geschieht in ähnlicher Weise wie dort. Sodann werden achsialer Schub und Torsionskraft der Schrauben als Ordinaten zu einer Kurve aufgetragen, deren Abszissen die Zahl der Umdrehungen der Schraube sind. Da die Schrauben unter der Wasseroberfläche laufen und in ihrer jeweiligen Stellung durch Teile des Apparates festgehalten werden müssen, werden diese eingetauchten Teile der Schraubenträger und der Antriebvorrichtung die Widerstände der Schrauben vermehren. Der Leergangswiderstand dieser Teile ist durch eine Reihe von Versuchen zu bestimmen. Der Unterschied zwischen dem Gesamtwiderstand und dem Leergangswiderstand gibt sodann den achsialen Schub und die Torsionskraft der einzelnen Schrauben.

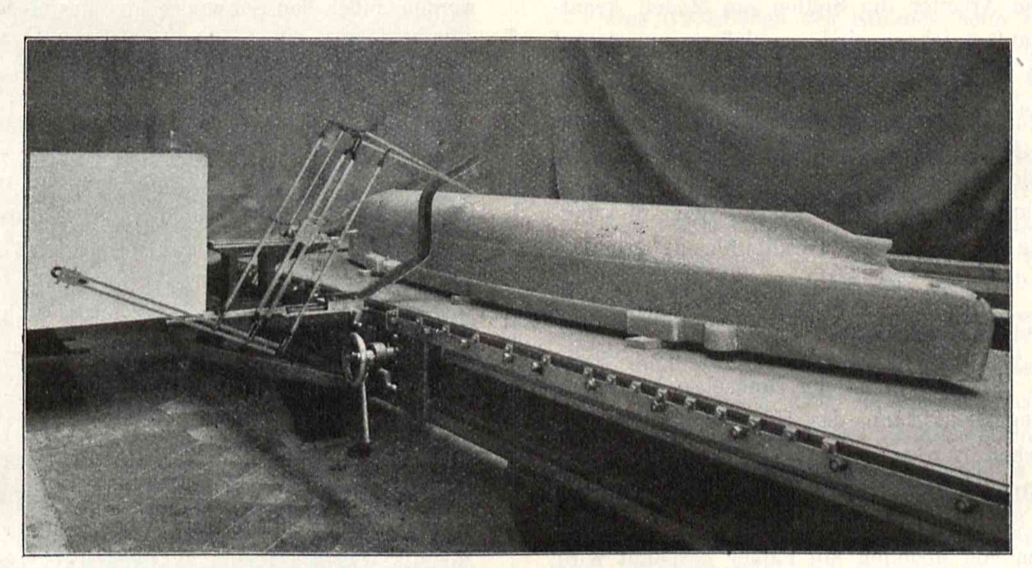


Abb. 28. Richtplatten und Modellaufmeßvorrichtung.

Legt man über die Linie des achsialen Schubes die Linie des — unter dem Einfluß der arbeitenden Schraube — Modellwiderstandes bezogen auf die Umdrehungen, so gibt der Schnittpunkt der Linien des achsialen Schubes und des Modellwiderstandes die Umdrehungen an, welche die Schrauben machen müssen, um durch ihre Nutzleistung, den achsialen Schub, dem Widerstand das Gleichgewicht zu halten.

Einrichtungen für Versuche an vier getrennten Wellen. In den letzten Jahren hat sich die Dampfturbine mehr und mehr Bahn gebrochen als Antriebmittel der Schiffe an Stelle der an der Grenze ihrer Wärmeausnutzung angelangten Mehrfach-Expansionsmaschine. Namentlich die englische, deutsche und französische Kriegsmarine haben mit diesem Antriebmotor einzelne Schiffe ausgerüstet. Da dieser Motor öfters die Verteilung der Antriebschrauben auf vier voneinander unabhängigen Wellen bedingt, soll das Schraubendynamometer auch für Versuche in dieser Richtung eingerichtet werden. An die Stelle der drei Pendelrahmen tritt eine ähnliche Anordnung von vier Pendelrahmen, um auch hier wieder die Wirkungen der an den einzelnen Wellen sitzenden Schrauben unabhängig voneinander ermitteln zu können. Schub- und Torsionsdynamometer sind schon jetzt so aufgestellt, daß sie dichter aneinander gesetzt werden können, so daß Platz für die Meßeinrichtungen der vierten Welle frei wird. Die Versuche werden in derselben Weise, wie mit drei Wellen durchgeführt.

Einrichtungen für Versuche mit Schaufelrädern. Auch für Versuche mit Schaufelrädern können Einrichtungen getroffen werden, die hier nur kurz erläutert werden mögen, da sie noch nicht ausgeführt sind. Unter dem Rahmen des Modelldynamometers werden auf beiden Seiten ungefähr in der Mitte desselben parallel zur Mittelachse des Apparates verschiebbare Konsolen angeordnet, die in der Längen- und Höhen- und Breitenrichtung verstellt werden können. Auf diesen Konsolen sollen Gleitbahnen befestigt werden, auf denen sich auf Rollen zwei Paar Gleitschuhe frei in der Achsrichtung des Apparates bewegen können. In den als Kugellager ausgebildeten Lagern der Gleitschuhe ruhen die Achsen der Schaufelräder. Von jedem Gleitschuh aus führen zwei verstellbare feste Stangen zu den beiden seitlichen wagerechten Pendelrahmen im Schrauben-Dynamometer, so daß der achsiale Schub jedes Rades während des Versuches mit Hilfe eines Schubdynamometers auf die Schreibtrommel übertragen werden kann. Der Antrieb der Räder soll von den Schraubenwellen der beiden Rahmensysteme im Schraubendynamometer nach Einschaltung eines Kegelradvorgeleges oder einer Gelenkwelle bewirkt werden. Die zum Drehen der Räder erforderliche Kraft kann durch das Torsionsdynamometer gemessen werden. Für Versuche mit Schaufelrädern für Heckraddampfer soll eine ähnlich gedachte Anordnung am Hinterende des Modelldynamometerwagens und am mittleren Rahmensystem des Schraubendynamometers angebracht werden.

Sonstige Geräte.

Modellaufmeßvorrichtung und Richtplatte. (Abb. 18 bis 21 Bl. 34 und Text-Abb. 28.) Eine Reihe von Arbeiten am fertigen Modell wie z. B. das Abwickeln der vom Wasser benetzten Oberfläche, das Anreißen von Linien, das Anbringen von Anhängen usw. machen das Vorhandensein einer unveränderlichen Ebene erforderlich. Da sich erfahrungsgemäß selbst dreifach verleimte Tischplatten im Laufe der Zeit infolge des hohen Feuchtigkeitsgehaltes der Luft in der Anstalt verziehen, wurde während der ersten Betriebsjahre eine eiserne Richtplatte von 7,2 m Länge und 1,2 m Breite beschafft, die der Länge nach aus zwei Teilen zusammengesetzt ist. Im Innern der rund 0,4 m hohen Richtplatte sind die erforderlichen Längs- und Querrippen zur Versteifung angeordnet, sie ruht auf vier etwa 0,5 m hohen gußeisernen Füßen, die auf einer 1 m dicken Betonplatte

befestigt sind. An der einen Langseite der rund 0,4 m hohen Richtplatte ist eine Vorrichtung zum Aufmessen fertiger Modelle angebracht, sie besteht aus dem Tragarm mit Meßtisch und Zeichenbrett, dem Schlitten mit Storchschnabel und der Führungsschiene für den Storchschnabel. Ein Tragarm von etwa 0,85 m Ausladung ist in einer Führungsnut an der Längswand der Richtplatte angebracht und wird mit Hilfe eines Triebrades an einer mit der Richtplatte befestigten Zahnstange an dem aufzumessenden Modell entlang bewegt. Über der Zahnstange ist ein Maßstab mit Zentimeterteilung angebracht, an dem 25 Marken mit Noniusteilung entlang verschoben und festgestellt werden können. Mit Hilfe dieser Marken werden dem Arbeiter die Stellen am Modell kenntlich gemacht, die aufzuzeichnen sind, so daß er nur darauf zu achten hat, daß der am Tisch angebrachte Zeiger mit der Nullinie der Marke einspielt. Auf dem Tragarm ist der Meßtisch befestigt, dessen oberer Teil zu Führungsleisten für den Schlitten mit der Achse des Storchschnabels ausgebildet ist. Der Storchschnabel ist aus hohlen Vierkant-Messingrohren gebaut. Die beiden für die Parallelführung erforderlichen Arme sind durch je vier stählerne Spanndrähte versteift. Durch Verschiebung des Drehpunktes im Schlitz des Mittelarmes wird das Übersetzungsverhältnis des Storchschnabels geändert. Durch ein an der Drehachse befestigtes verstellbares Gegengewicht kann das Gewicht des Storchschnabels ausgeglichen werden. Am freien Ende des Tragarmes ist ein senkrechter Bock mit Schlitten angebracht; an dem verstellbaren Schlitten wird das Zeichenbrett befestigt, das beim Aufmessen von Modellen mit Papier bespannt wird. Zur Führung des Fahrarmes des Storchschnabels dient eine verschiebbar auf dem Tragarm angeordnete gebogene Führungsschiene aus Winkeleisen.

Vorrichtung für Schlingerversuche. (Abb. 7 bis 9 Bl. 34 und Abb. 4 Bl. 36.) Zur Untersuchung der Frage der Schwingungsdauer von Modellen bei verschiedenartiger Massenverteilung ist eine Vorrichtung vorhanden, die die Verschiebung einer Anzahl geeichter Gewichte in senkrechter und wagerechter Richtung ermöglicht. Auf einer Grundplatte sind sechs Schlitten symmetrisch zur Mittellinie angeordnet, die durch Zahnstange und Trieb wagerecht verstellt werden können. Auf jedem Schlitten sind zwei senkrechte Führungsstangen angeordnet, über welche die Gewichte von rechteckigem Querschnitt geschoben werden können. Eine besondere Vorrichtung ermöglicht das Feststellen einer beliebigen Zahl von Gewichten, um ihr Gleiten bei schlingerndem Modell zu vermeiden. Die Schlitten mit den Gewichten können um 100 mm aus der Mitte verschoben werden.

Die Grundplatte mit den Gewichten ist an zwei in je einem Bock befestigten Schraubenspindeln von 40 mm Durchmesser aufgehängt und an ihren Endpunkten an vier paarweis zu den Böcken gehenden zylindrischen Röhren geführt, um ein Pendeln beim Schlingerversuch zu vermeiden. Mit Hilfe zweier durch eine Stange verbundenen Kurbeln können die Spindeln gleichzeitig gedreht und dadurch die Gewichte des Apparates der Höhe nach verstellt werden.

Die Böcke ruhen beim Versuch auf dem Rande des Modells und werden durch Feststellvorrichtungen gegen die Paraffinwandungen geklemmt. Grundplatte und Gewichte hängen in das Modell hinein. Beim Schlingerversuch wird je einer dieser Apparate auf ungefähr ein Viertel der Länge von vorn und von hinten auf dem Modell aufgestellt (vgl. Abb. 4 Bl. 36). Der Apparat wiegt leer je rund 39 kg und ein vollständiger Satz Gewichte für ihn 84 kg.

In der Mitte des Modells wird ferner auf dem Rand ein Schreibarm aus Holz mit einer Schreibfeder befestigt, der auf einer in Bewegung befindlichen Tafel die Schwingungsausschläge des Modells aufzeichnet. (Abb. 1 bis 3 und 14 Bl. 34 und Abb. 4 Bl. 36.) Diese Tafel wird durch ein Uhrwerk mit Windfang bewegt und senkrecht an einem Rahmen geführt, der an einem quer über die Versuchsrinnne gelegten Balken befestigt ist. Auf der nach unten fallenden Tafel werden außer den Schwingungen des Modells noch die Zeiten in halben Sekunden nach dem auf dem Wagen aufgestellten Uhrwerke aufgeschrieben.

Krängungspendel. (Abb. 4 bis 6 Bl. 34.) Vor Beginn eines jeden Schlingerversuches muß der Systemschwerpunkt des leeren Modells ermittelt werden, um rechnerisch die Höhenlage des Schwerpunktes der Zusatzgewichte ermitteln zu können, die so zu wählen ist, daß die metazentrische Höhe des auf dem in Frage kommenden Tiefgang liegenden Modells dem gleichen Maß des betreffenden Schiffes ähnlich ist. Diesem Zweck dient das Krängungspendel. Auf einem Brett, das auf dem Bord des Modells, ungefähr an der breitesten Stelle desselben befestigt wird, ruht auf drei Stellschrauben eine dreiarmige Platte, die einen senkrechten Gradbogen trägt. Auf der Grundplatte ist eine Wasserwage angebracht, um den Apparat in bezug auf die Längsachse des Modells wagerecht zum Wasserspiegel einstellen zu können. Vor dem Gradbogen ist auf der Grundplatte ein Schneidenlager angebracht, in dem auf einer Schneide eine senkrechte Stange ruht, die unten ein Gewicht in Form einer Kugel und oben einen Nonius trägt, der mit ungefähr $^1/_2$ mm Spielraum an der Teilung des Gradbogens entlang gleitet. Eine vor dem Nonius angebrachte Lupe gestattet eine genaue Ablesung der Stellung des Pendels. Bei Beginn des Versuches muß der Nullstrich am Nonius mit dem Nullstrich am Gradbogen übereinstimmen, dann steht der Apparat auch in bezug auf die Querachse des Modells wagerecht zur Wasseroberfläche. Durch Verschiebung eines bekannten Gewichts senkrecht zur Mittelachse des Modells wird dieses nach einer Seite übergeneigt, gekrängt. Die Größe des Ausschlagswinkels wird am Gradbogen abgelesen. Damit sind die Unterlagen geschaffen, um den Systemsschwerpunkt des leeren Modells errechnen zu können.

D. Die elektrische Anlage.

Versuchswagen, Modellschneidemaschine, beide Kreiselpumpen sowie alle Arbeitsmaschinen haben elektrischen Antrieb erhalten; desgleichen ist für die Beleuchtung aller Räume elektrisches Licht vorgesehen, und zwar in der Vorhalle der großen Rinne und in dem Raume der kleinen Rinne je zwei Bogenlampen, während alle anderen Räume Glühlichtbeleuchtung erhalten haben.

Bei der Wahl der Stromquelle für die Anlage kam als Hauptgesichtspunkt die unbedingt erforderliche Gleichmäßigkeit der Geschwindigkeit des Versuchswagens und die Möglichkeit einer weitgehenden und feinstufigen Regulierung der Anlaßmotoren desselben in Betracht. Von der Speisung aus

dem Netz der Berliner Elektrizitätswerke oder aus einer in der Anstalt aufzustellenden Dynamomaschine mußte schon mit Rücksicht auf die bei dieser Anordnung nicht zu vermeidenden Spannungsschwankungen Abstand genommen werden. Als Stromquelle für den Wagen wurde daher eine Akkumulatorenbatterie gewählt. Die geforderte möglichst weitgehende Regelung der Umdrehungen der Wagenmotore wird vermittels Zellenschaltung durch Spannungsregelung an der Batterie erreicht. Die verschiedenartige, von der Wagengeschwindigkeit abhängige Inanspruchnahme der einzelnen

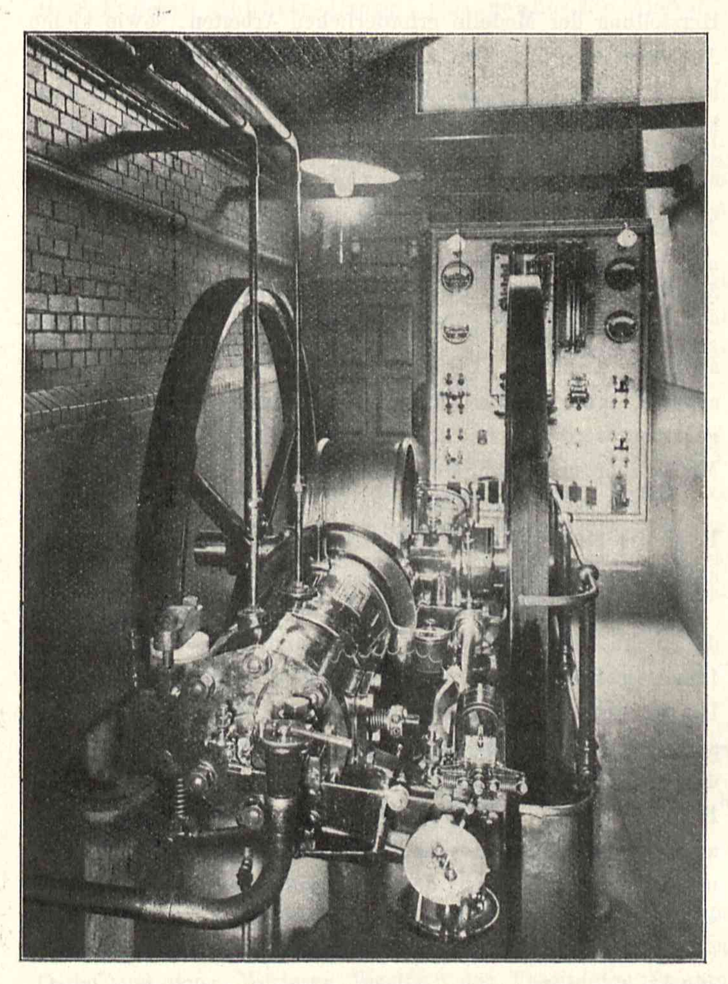


Abb. 29. Gasmotor und Schaltbrett.

Zellen der Batterie im Laufe eines Tages, derzufolge einzelne Zellen nahezu erschöpft sind, während andere nur teilweise entladen oder noch gar nicht an das Netz geschaltet worden sind, hätte bei der Annahme einer Ladung derselben aus dem städtischen Netz, also bei konstanter Spannung des Ladestroms, nicht unerhebliche Mehrkosten infolge der Bezahlung überschüssiger, in die Widerstände zu schickender Kraft bedingt. Zur Vermeidung dieses Übelstandes und zur möglichsten Verringerung der laufenden Betriebskosten wurde daher eine eigene Stromerzeugungsanlage vorgesehen. Die Anstalt wurde damit auch unabhängig von der Spannung im Netz der städtischen Werke (220 Volt) und konnte diese Spannung beliebig wählen. Mit Rücksicht auf die Wagenmotore und die geringeren Anschaffungskosten für die Zellenbatterie entschied man sich für eine Betriebsspannung von 110 Volt.

Der im Dauerbetrieb zweifellos billigere Gasgeneratorbetrieb kam mit Rücksicht auf den stark wechselnden Betrieb der Stromerzeugungsanlage nicht in Frage. Es wurde daher in dem Maschinenraum ein 16 PS-Gasmotor der Deutzer Fabrik aufgestellt (Text-Abb. 29), der durch Kreisseil eine Dynamomaschine von 85 Amp treibt. Der Kreisseiltrieb wurde mit Rücksicht auf Ruhe des Ganges und Gedrängtheit der Anlage gewählt und hat bisher zur Zufriedenheit gearbeitet. Die zum Aufladen der Batterie notwendigen Spannungsänderungen werden ohne Änderung der Umdrehungen des Antriebmotors lediglich durch Änderung der Erregung mit Hilfe eines Nebenschlußregulators erzielt, so daß die Dynamospannung bis auf 160 Volt gesteigert werden kann. Dynamomaschine und Batterie können einzeln oder gemeinsam auf die Sammelschiene speisen.

Das Rückfließen des Stromes beim Laden der Batterie wird durch einen Rückstromausschalter verhindert, der den Dynamostromkreis selbsttätig unterbricht, sobald der in umgekehrter Richtung fließende Strom die zulässige Größe überschreitet. Die jeweilige Richtung des Stromes wird durch einen Stromrichtungsanzeiger am Schaltbrett kenntlich gemacht.

Die Zellenbatterie besteht aus sechzig Zellen nebst drei Vorschaltzellen in Glaskästen, sie besitzt eine größte Entladestromstärke von 250 Amp und eine Ladefähigkeit von rund 500 Amp-Stunden. Die Aufstellung ist in einem neben dem Maschinenraum liegenden Zellenraum in vier Reihen und zwar je zwei Reihen übereinander erfolgt. Die einzelnen Zellen sowohl wie die Reihen sind durch Bleileisten miteinander verbunden. Ein kombinierter und ein einfacher Zellenschalter, deren Schleifbürsten durch Spindeln und Muttern bewegt werden, dienen beim Entladen der Batterie in die Wagenmotoren zur Unterteilung der Batteriespannung. Die Zellen sind so angeschlossen, daß jede beliebige Spannung von 120 — 2 Volt eingestellt werden kann. Die jeweilige Arbeitsspannung wird an einem Voltmeter abgelesen.

Der Antrieb des Versuchswagens erfolgt durch zwei in Reihen geschaltete Nebenschlußmotoren von je 10 PS, die durch einen Walzenanlasser, wie ihn in ähnlicher Ausführung die Straßenbahnwagen führen, angelassen, als Bremse geschaltet und umgesteuert werden können. Zur Erreichung eines hohen Anzugsmomentes der Motoren, d. h. zur Abkürzung der Anfahrtsstrecke des Wagens, wird beim Anfahren der Magnetstrom durch Kurzschließung eines Vorschaltwiderstandes verstärkt. Ein neben dem Anlasser angebrachter Nebenschlußregler gestattet innerhalb der an der Batterie einstellbaren Geschwindigkeitsstufen eine weitere Änderung der Geschwindigkeit, wodurch eine Geschwindigkeitsabstufung von 1 cm erreicht werden kann.

Seitlich am Rande des Beckens sind unter dem Dach der Halle als Speiseleitung drei kupferne Drähte gespannt (Abb. 3 Bl. 36). Sie sind so hoch über der Wagenplattform angeordnet, daß eine bequeme Prüfung derselben ermöglicht und zugleich eine unbeabsichtigte Berührung ausgeschlossen ist. Der Batteriestrom wird nach Einstellung der für die Wagengeschwindigkeit erforderlichen Zellenzahl über einen doppelpoligen Ausschalter den beiden außen liegenden Spanndrähten zugeführt, während der Magnetstrom von 110 Volt Spannung über einen Schalter in den dritten Spanndraht fließt. Die Speiseleitungen sind so angeordnet, daß durch die Bewegung des Wagens an den Drähten entlang die Länge der jeweilig eingeschalteten Leitungen und damit der ihrem inneren Widerstand entsprechende Spannungsabfall nicht ver-

ändert wird. — Von den Wagenleitungen wird der Strom dem Wagen vermittels sechs federnder, angepreßter Schleifkontakte zugeführt, die an einem auf dem Wagen befindlichen Mast befestigt sind.

Ungefähr 40 m vom Ende der Rinne entfernt sind die Wagenleitungen unterbrochen und durch einen Widerstand verbunden, ungefähr 6,5 m dahinter sind die Wagenleitungen ferner in sich kurz geschlossen. Sobald der Wagen die erste Unterbrechungsstelle erreicht, wird der Ankerstrom unterbrochen und darauf über den Widerstand kurz geschlossen; dadurch tritt die vorherbesprochene Schaltung für die Ankerkurzschlußbremse auch ohne Beihilfe des Wagenführers selbsttätig ein. Nach dem Durchfahren der ersten Bremsstrecke werden die Motore auf der zweiten Strecke unmittelbar kurz geschlossen und die Bremswirkung auf diese Weise bedeutend gesteigert. Diese Vorkehrung sichert beim Versagen des Anlassers oder bei einer Unachtsamkeit des Wagenführers den Wagen vor Beschädigung. Die Unterbrechungen sind soweit vom Ende der Rinne entfernt, daß der Wagen auch bei der größten Geschwindigkeit von 7 m in der Sekunde noch rechtzeitig zum Stehen kommt, wie durch eingehende Versuche bei der Übernahme der Anlage von der Baufirma nachgewiesen worden ist. Die selbsttätige Bremsvorrichtung soll und muß stets nur eine Sicherheitsvorrichtung bleiben, da durch ihre Betätigung nicht nur die Schienen sehr leiden, sondern da auch die auf das sorgfältigste kreisrund abgedrehten Räder infolge der plötzlichen Umsteuerung der Motore festgehalten und mit dem Wagen durch die lebendige Kraft der bewegten Masse ein Stück über die Bahn geschleift werden und schon nach einer paarmaligen Wiederholung des Versuches deutliche Abflachungen zeigen, die zu Stößen bei den Versuchsfahrten Veranlassung geben.

Die auf dem Wagen im Magnetstrom vorhandene gleichmäßige Spannung wird außerdem zur Wagenbeleuchtung und zur Speisung des zum Antrieb der Schrauben auf dem hinteren Querträger des Gerätewagens aufgestellten Motors benutzt. Der Motor zum Antrieb der Schrauben ist mit einer vielstufigen Nebenschlußregelung versehen, die eine beliebige Einstellung der Umdrehungen zwischen 500 und 1500 gestattet.

Als Antriebmotor des Wagens der Modellschneidemaschine dient ein regulierbarer Elektromotor von 2 PS größter Leistung mit Nebenschlußregelung. Der die Maschine bedienende Arbeiter stellt mit dem Fuß den Nebenschlußregler ein. Die Geschwindigkeit des Wagens ist veränderlich innerhalb der Grenzen 0,5 m bis 0,8 m in der Minute. Durch einen Umschalthebel kann dieser Motor umgesteuert werden. Die beiden auf den Fräserspindeln befestigten Antriebmotoren der Fräsmesser haben einen gemeinsamen Anlasser. Der Strom wird ihnen durch biegsame Kabel zugeführt.

Dem $^1/_{16}$ PS-Motor des Randfräsers wird durch ein biegsames Kabel der erforderliche Strom von einem Steckkontakt der Lichtleitung aus zugeführt.

Das Schaltbrett für die sachgemäße Bedienung der elektrischen Anlage befindet sich im Maschinenraum neben dem Raum für die Zellenbatterie. Den Hauptplatz auf demselben nehmen die beiden Zellenschalter ein. Außerdem sind auf demselben die erforderlichen Strom- und Spannungsmesser, die Schalter, ein Nebenschlußregler, der Rückstromautomat, der Stromrichtungsanzeiger sowie die notwendigen Lampen und Sicherungen angeordnet.

Das an die Sammelschiene angeschlossene Beleuchtungsnetz ist in zwölf Gruppen zur möglichsten Ersparnis an Lichtstrom geteilt.

Werkstatteinrichtung.

Für die Einrichtung der Werkstatt war der Gesichtspunkt maßgebend, daß die Anstalt nicht nur alle für die Herstellung der Modelle erforderlichen Arbeiten, sowie kleine Ausbesserungen an den Apparaten und der elektrischen Anlage auszuführen in der Lage sein sollte, sondern daß auch kleinere Meßvorrichtungen vom Personal der Anstalt selbständig ausgeführt werden sollten.

Die Werkstatt, die den größten Teil eines 1905 der Anstalt überwiesenen Stadtbahnbogens einnimmt, ist daher mit folgenden Maschinen ausgestattet worden: 1. eine Revolverdrehbank, 2. eine kleine Bohrmaschine, 3. eine kleine Bandsäge.

Sie ist ferner im Laufe der ersten Betriebsjahre mit allen für Tischler-, Mechaniker-, Schlosser- und Klempnerarbeiten erforderlichen Werkzeugen und Einrichtungen ausgerüstet worden. In ihr werden zurzeit beschäftigt zwei Mechaniker und zwei Modelltischler.

Die Arbeitsmaschinen haben wegen des stark wechselnden Betriebes elektrischen Einzelantrieb erhalten, der sich bisher auf das beste bewährt hat.

Die Berliner Anstalt war die erste auf dem Kontinent, die nicht, wie z. B. noch die Anstalt des Norddeutschen Lloyd in Bremerhaven, mit englischen Meßgeräten arbeitet. Die in einer der ersten Sitzung des der Bauleitung zur Seite stehenden Ausschusses von diesem aufgestellte Forderung, daß sämtliche Maschinen und Geräte nur von deutschen Firmen bezogen werden sollten, stieß bei der Ausführung anfangs auf nicht unerhebliche Schwierigkeiten. Mehrere unserer ersten Firmen des Elektrizitätsfaches beschränkten sich bei der ersten Ausschreibung nur darauf, ihre auf Lager vorhandenen Elektromotoren anzubieten, ohne den Plan der elektrischen Anlage einer eingehenderen Bearbeitung zu unterziehen. Auf die Ausschreibung der Meßgeräte ging nur ein Angebot ein.

Zu großem Dank ist die Anstalt daher dem damaligen Direktor der Zweigniederlassung der Firma Schuckert u. Ko.-Nürnberg in Berlin, Herrn Schulthes, verpflichtet, der sich, untersützt von den Herren Ingenieuren Basenach und Beese, eingehend mit dem Entwurf beschäftigte, die bauleitenden Beamten jederzeit mit seinem Rat unterstützte und schließlich für seine Firma neben der Herstellung der elektrischen Anlage auch die Lieferung des Meßwagens und der Modellschneidemaschine übernahm. Die letztere wurde in den Werkstätten der Berliner Zweigniederlassung, der Wagen von der Augsburger Maschinenfabrik in Nürnberg gebaut.

Zu gleichem Dank ist die Anstalt der sonst schon auf dem Gebiete der Feinmechanik rühmlich bekannten Firma Fueß-Steglitz und ihren Ingenieuren, den Herren Jordan und Schoof, für die sorgfältige und sachgemäße Durchbildung und Bauausführung des Modelldynamometers, des Schraubendynamometers, der Schraubenaufmeßvorrichtung, sowie der Schlinger- und Krängungsvorrichtung verpflichtet.

Die Modellaufmeßvorrichtung wurde nach Inbetriebnahme der Anstalt durch Vermittlung der Siemens-Schuckert-Werke durch die Maschinenfabrik von Kärger-Berlin hergestellt.

Eine wesentliche Unterstützung und Förderung wurde dem mit der Ausarbeitung des Entwurfes für die Maschinenanlage beauftragten Beamten dadurch zuteil, daß ihm von der Direktion des Norddeutschen Lloyd in Bremen in entgegenkommender Weise gestattet wurde, vier Wochen hindurch an den Arbeiten der Bremerhavener Versuchsanstalt zu seiner Unterrichtung teilzunehmen, deren damaliger Leiter, Herr Professor Schütte-Danzig, jede gewünschte Auskunft bereitwilligst gab.

Bisherige Tätigkeit der Schiffbauabteilung.

Die bisherige Tätigkeit der Schiffbauabteilung der Anstalt hat sich in der Hauptsache neben der Vornahme von Flügeleichungen auf die Ausführung von Modellschleppversuchen beschränkt.

Angefertigt und untersucht wurden im Laufe von fast fünf Jahren rund 200 Modelle, von denen der größte Teil im Auftrage des Reichs-Marinamts geschleppt wurde. Umfangreiches und wertvolles Material ist durch diese Versuche in den Besitz der Anstalt gelangt.

Die Kaiserliche Marine, die anfangs nur beabsichtigte, in jedem Etatsjahr die Anstalt während dreier Monate zu benutzen, hat bisher fast regelmäßig nahezu die doppelte Zeit für ihre Versuche gebraucht. Bei dem großen Wert, den diese Versuche für die Weiterentwicklung unserer Schiffstypen haben, wurde der Marine eine längere Benutzungszeit eingeräumt, obwohl dadurch eine ganze Reihe wichtiger und wertvoller Untersuchungen auf anderen Gebieten vorläufig zurückgestellt werden mußten.

Während mehrerer Monate im Sommer 1906 und 1907 wurden in der großen Rinne im Auftrage der preußischen Wasserbauverwaltung eingehende Schleppversuche mit Modellen von Kanalkähnen im Kanalquerschnitt ausgeführt, über die teilweise bereits an anderer Stelle dieser Zeitschrift (S. 560 des vorigen Jahrganges) berichtet worden ist.

Eine Reihe größerer Privatwerften, nämlich die Firmen: Vulkan, A.-G.-Stettin, Blohm u. Voß-Hamburg, Schichau-Elbing und Fr. Krupp, Germania-Werft, A.-G.-Kiel haben gleichfalls die Anstalt mehrfach mit der Vornahme von Schleppversuchen beauftragt.

Zu eigenen, umfangreicheren, wissenschaftlichen Untersuchungen, wie sie von Anfang an im Arbeitsplan der Anstalt vorgesehen waren und wie sie allseitig als erforderlich zur Klärung der Frage des Schiffswiderstandes angesehen werden, ist die Schiffbauabteilung bisher aus Mangel an Zeit nicht gekommen, da stets dringlichere Aufträge von seiten der Behörden oder der Privaten vorlagen.

Es ist jedoch zu hoffen, daß in absehbarer Zeit auch hierin Wandel geschaffen wird, so daß die Anstalt bald an ihre vornehmste Aufgabe herantreten kann, durch wissenschaftliche, systematische Untersuchungen Arbeit zu leisten zur Lüftung des fast über alle Fragen der Hydromechanik zurzeit noch ruhenden dichten Schleiers.

Über Massengüterverkehr auf nordamerikanischen Binnenwasserstraßen.

Vom Stadtbauinspektor Karl Henneking in Elberfeld.

(Mit Abbildungen auf Blatt 37 im Atlas.)

Auf einer fünfmonatigen, im vorigen Jahre zum Studium städtischen Ingenieurwesens unternommenen Reise durch den Osten und den „Mittleren Westen“ der Vereinigten Staaten von Amerika hatte Verfasser auch Gelegenheit, den einzig großartigen Massengüterverkehr auf der Binnenwasserstraße kennen zu lernen, die die Hauptstätten der nordamerikanischen Eisenerzgruben und der Landwirtschaft an den Ufern des Oberen Sees mit dem rund 1700 km entfernten, um Pittsburg liegenden Gebiete der pennsylvanischen bituminösen Weichkohle sowie den etwa gleich weit entfernten Städten Buffalo und Erie am Eriesee, den Umschlaghäfen für die landwirtschaftlichen Erzeugnisse, verbindet.

Einige allgemeine und besondere Angaben über diesen Massengüterverkehr in seinem jetzigen Umfange und über seine erhoffte Weiterentwicklung, die der geplante Ausbau der natürlichen und künstlichen Binnenwasserstraßen ihm bringen soll, dürften von Wert sein.

1. Geschichtlicher Überblick.

Auch in Nordamerika sind bereits vor dem Zeitalter der Eisenbahnen künstliche, dem Massengüterverkehr dienende Wasserstraßen gebaut und betrieben worden. Ein Schiffahrtskanal führte von Beaver am Ohio nach dem Eriesee; er brachte die Kohle von Pennsylvanien und West-Virginien aus den Zechen längs des Ohios und der durch ihren Zusammenfluß bei Pittsburg ihn bildendem Flüsse Monongahela und Alleghenny nach diesem See und so nach dem „Mittleren Westen“. Heute ist dieser Kanal verlassen. Eine ausschließlich dem Kohlenverkehr dienende Eisenbahn läuft auf längeren Strecken in seinem Bette. Ein anderer ausschließlich für den Kohlenversand gebauter Kanal ist der längs des Potomakflusses laufende Chesapeake-Kanal, der Cumberland in West-Virginien mit Georgetown, nahe der Bundeshauptstadt Washington verbindet. Der Wettbewerb der leistungsfähigen, mit dem Kanal gleichlaufenden Eisenbahnen hat jedoch seinen jährlichen Verkehr auf etwa 700000 t beschränkt.

Der wichtigste der in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts gebauten Kanäle ist der bereits im Jahre 1825 eröffnete Erie-Kanal, der Buffalo am östlichen Ende des Eriesees im Zuge des Tales des bei Albany in den Hudson mündenden Mohawk-Flusses mit der Stadt Neuyork verbindet. Er dient in Verbindung mit seinen Erweiterungen, insbesondere dem nach dem südlichen Teile des gleichnamigen Sees führenden Champlain-Kanal dem Getreide- und Holzverkehr nach dem Osten. Jahrzehnte hindurch war er die Hauptverkehrslinie zwischen dem „Mittleren Westen“ und

der Atlantischen Küste und hat der Entwicklung Neuyorks einen mächtigen Anstoß gegeben. Noch 1862 wurde er durch Vergrößerung der Wassertiefe von vier auf sieben Fuß (2,1 m) für 240 Tonnen-Schiffe mit einer Ladefähigkeit von 2800 hl Getreide fahrbar gemacht. Im Jahre 1880 wies er den größten Verkehr von 4608000 t auf. Die glänzende Entwicklung des Eisenbahnwesens ließ seine Bedeutung in den folgenden Jahren jedoch schnell sinken. Im Jahre 1903 wurden auf ihm nur noch 2414000 t d. h. 5 vH. des damaligen gesamten von Eisenbahnen und Kanälen zusammen in Neuyork bewältigten Frachtenverkehrs befördert, trotzdem bereits im Jahre 1882 alle Schiffahrtsabgaben auf ihm abgeschafft waren. Ungefähr die gleiche Tonnenzahl bewältigte der Kanal schon in den fünfziger Jahren vor seiner erwähnten Erweiterung.

Von den im Jahre 1880 in Nordamerika vorhandenen etwa 7000 km Schiffahrtskanälen waren im Jahre 1904 fast die Hälfte endgültig aufgegeben.

Nicht allein die vorgenannten alten künstlichen Schiffahrtskanäle, auch das großartige natürliche Wasserstraßennetz, das der Mississippi, „der Vater der Ströme", mit seinen zahlreichen schiffbaren Nebenflüssen bietet, war lange Jahre fast vergessen. In St. Louis kamen im Jahre 1904 nur noch 1,25 vH. der gesamten Frachten auf dem Wasserwege an; dieser kleine Teilbetrag war um 40000 t geringer als 1903 und um 120000 t geringer als 1902. In demselben Jahre gingen nur 0,06 vH. der gesamten Ausfuhr von St. Louis zu Schiff fort, und zwar 130000 t weniger als 1903 und 140000 t weniger als 1902. Die stetige Abnahme des Verkehrs im Hafen von St. Louis beweisen nachfolgende absolute Zahlen:

Schiffahrtsverkehr in St. Louis	1902 Tonnen	1903 Tonnen	1904 Tonnen	1905 Tonnen
Zu- und Abgänge	598000	506000	340000	333000

Das Anteilverhältnis der einzelnen auf dem Wasserwege ein- und ausgehenden Massengüter für St. Louis war im Jahre 1903:

Baumwolle . .	0,2	vH. Einfuhr,	0,04	vH. Ausfuhr
Weizen . . .	3,4	„ „	0,02	„ „
Roggen . . .	0,2	„ „	0,28	„ „
Mehl	0,6	„ „	0,8	„ „
Holz	1,6	„ „	0,16	„ „

Nur 8 vH. der gesamten nach New-Orleans, ihrem Hauptverschiffungshafen, gehenden Baumwolle kommt auf dem Wasserwege, den Mississippi hinab dort hin. Der gewaltige Holzverkehr des Mississippis in früheren Jahren hat infolge der planlosen Erschöpfung der ungeheueren Wälder fast ganz aufgehört. Nur noch die Kohle aus Pennsylvanien wird während einiger Monate von Pittsburg aus zu Zeiten genügend hoher Wasserstände auf dem Ohio und dem Mississippi hinab nach New-Orleans in großen Massen befördert. Hierüber nachher einige Worte (S. 296).

Wie dagegen war der Verkehr zu Schiff auf dieser natürlichen Wasserstraße vor dem Zeitalter der Eisenbahnen? Schon im Jahre 1811 ging das Dampfboot von Pittsburg aus den Ohio hinab; 1817 kam der erste Dampfer stromaufwärts. Von 1818 bis 1848 war die Zahl der auf dem Mississippi und seinen Nebenflüssen verkehrenden Dampfschiffe von 20 auf 1200 gestiegen.

Auf dem Missouri, dessen Wasserführung diejenige des mittleren Mississippi noch übersteigt, ist nach Jahrzehnten der erste Frachtdampfer im September vorigen Jahres wieder von St. Louis nach Kansas-City — ohne jede Gefährdung — gefahren.

Die rücksichtslose Ausnutzung des Frachtenmonopols seitens der großen Eisenbahngesellschaften durch Erhöhung der Frachtsätze und weitgehende Bevorzugung einzelner mit ihnen in Verbindung stehender Gesellschaften — z. B. Standard Oil-Company —, ferner die Erkenntnis des Wertes neuzeitlicher leistungsfähiger künstlicher Schiffahrtstraßen, in Verbindung mit einem zweckmäßig ausgebauten Netze natürlicher Wasserstraßen, die der Amerikaner auf seinen zahlreichen Reisen und auch durch die Fachpresse in Deutschland und Frankreich kennen lernt, haben ihn veranlaßt daran zu denken, fast vergessene Schätze seines reichen Landes wieder zu heben. Heute beabsichtigt man, die Wasserstraße des Mississippi und seiner Nebenflüsse teils durch Regulierung oder Kanalisierung, teils durch Verbindung mittels Großschiffahrtskanälen mit dem anderen großartigen, im Gegensatz hierzu vollendet ausgenutzten natürlichen Wasserstraßennetze Nordamerikas, den fünf großen Seen, neu zu beleben und zu verjüngen. Der Massengüterverkehr in der Richtung von Osten nach Westen — insbesondere Eisenerze, Getreide, Holz, Kupfererze — wird dann unter noch weiter erleichterten Transportbedingungen arbeiten und vielleicht noch mehr auf dem Weltmarkt sich drückend bemerkbar machen. Hierzu wird die neue ebenso leistungsfähige Wasserstraße des Mississippi und seiner Nebenflüsse in nordsüdlicher Richtung kommen; auf ihr werden die Erzeugnisse der Landwirtschaft, die Kohle Pennsylvaniens und Virginiens, die Erzeugnisse der großen Stahlwerke um Pittsburg und die Baumwolle mit einem Mindestbetrag an Transportkosten 3 bis 4000 km weit zu den Ausfuhrhäfen am Golf von Mexiko befördert werden.

Im folgenden sei zunächst eine Darstellung des jetzigen Standes des Großschiffahrtsverkehrs auf den großen Seen, insbesondere des Erz- und Kohlenverkehrs, nebst kurzem Hinweis auf die sonstigen Massengüter, sodann seine beabsichtigte künftige Entwicklung durch den Ausbau weiterer Wasserstraßen gegeben.

2. Die Wasserstraße der fünf großen Seen.

Einige kurze Angaben über die Seen, nebst vergleichendem Hinweis auf den größten deutschen See, den Bodensee, werden genügen, um ihre Bedeutung für die Schiffahrt zu beleuchten, vgl. Tabelle I.[1])

Für die Schiffahrt weiterhin beachtenswert sind die geringe Tiefe des Eriesees und die Stromschnellen bei St. Mary zwischen dem Oberen und Huron-See. Die insbesondere in dem westlichen Teile bis Pelee-Island auf 10 m hinabgehende mittlere Tiefe des Eriesees macht die Schiffahrt auf ihm bei stärkerem Winde sehr gefährlich. Noch im Oktober 1906 sah ich bei meinem Besuche in Cleveland mehrere während der großen Frühjahrsstürme stark beschädigte 4000 Tonnen-Dampfer zur Ausbesserung in den dortigen Docks liegen. Für die Über-

1) Diese und mehrere der folgenden Tabellen sind dem in Cleveland (Ohio) im Verlage der „The Penton Publishing Co." jährlich erscheinenden „Bluebook of American Shipping" Jahrgang 1907, entnommen. Andere Angaben stammen aus den „Annual reports of the War-Department. Washington. Government Printing office".

Tabelle I.

	Länge in km	Durchschnittliche Breite in km	Uferlinie in km	Wasserfläche in qkm	Mittlere Tiefe in m	Größte Tiefe in m	Höhe über dem Atlant. Ozean in m	Niederschlagsgebiet [ohne Wasserfläche] in qkm	Bemerkungen
Oberer See	625	112	2080	81 000	145	300	183	133 000	
St. Mary-Fluß	149	3,5	160	518	—	—	—	2 070	
Michigan-See (ohne Green Bay)	536	93	1400	52 500	102	267	177	} 97 500	mit Green Bay
Mackinac-Enge	48	26	96	1 290	23	—	177		
Huron-See (ohne den Nordkanal und die Georgian Bay)	400	87	1160	45 000	64	—	177	82 000	mit Nordkanal und Georgian Bay
St. Claire-Fluß	56	1,6	112	78	—	—	—	9 800	
St. Claire-See	31	40	144	1 060	—	7	175	8 800	
Detroit-Fluß	43	3,2	87	155	—	—	—	3 100	
Erie-See	400	64	945	25 890	21	62	174,5	59 000	
Niagara-Fluß	54	1,6	112	155	—	—	—	775	
Ontario-See	290	64	960	18 900	91	223	75	56 000	
St. Lorenzstrom	1220	32	—	—	—	—	—	—	
Bodensee mit Untersee	72	14 (größte)	220	539	—	276	398 über NN.	—	

windung der vorgenannten Stromschnellen, deren Fall zwischen 5,0 m und 6,2 m schwankt, dienen drei mächtige, im letzten Jahrzehnte des vorigen Jahrhunderts auf ihre jetzigen Abmessungen erweiterte Schleusen, von denen zwei — Poe- und Weitzel-Schleusen, mit 240 und 155 m Kammerlänge sowie 33 und 24 m Kammerbreite — auf der amerikanischen, die dritte auf der kanadischen Seite liegen. Für die Poe-Schleuse werden die Zeiten für das Füllen oder Entleeren der Kammer zu sieben Minuten, für das Öffnen oder Schließen der Tore zu drei bis fünf Minuten angegeben. Die durchschnittliche Zeit zum Durchschleusen durch die mittels Druckwassers angetriebene Poe-Schleuse beträgt neunundzwanzig Minuten, für die elektrisch angetriebene kanadische Schleuse sechzehn Minuten. Gebühren für das Durchschleusen werden weder auf der amerikanischen noch kanadischen Seite erhoben.

Die Schiffahrt auf der vorstehend geschilderten mächtigen Binnenwasserstraße vom Westende des Oberen Sees bis zu den Fällen des Niagaras ist von Mitte oder Ende April bis Anfang oder Mitte Dezember offen; nach dem Durchschnitt der letzten zehn Jahre 210 Tage jährlich. Die Schiffahrt verfügt seit 1897, dem Jahre der Fertigstellung des seitens der Bundesregierung 1892 angenommenen und mit einem Kostenaufwande von 3,26 Millionen Dollar ausgeführten Regulierungsentwurfs, über eine auch in den schmalen Verbindungsstrecken zwischen den einzelnen Seen vorhandene einheitliche Fahrstraße von mindestens 100 m Breite und 6,1 m Tiefe bei Mittelwasser. Zu den erwähnten Kosten treten die sehr erheblichen von 2,87 Millionen Dollar für die 1881 eröffnete Weitzel-Schleuse und von 4,74 Millionen Dollar für die 1896 in Betrieb genommene Poe-Schleuse sowie für ihre beiderseitigen Zufahrten.

Eine Übersicht der Transportweiten gibt die nachstehende Tabelle:

Tabelle II.

Von Duluth nach:	Marquette	Poe-Schleuse	Chikago	Detroit	Cleveland	Buffalo
in km	450	630	1290	1160	1340	1590

3. Der Massengüterverkehr auf den fünf großen Seen.

a) Eisenerze.

Mehr als 75 vH. des gesamten in den Vereinigten Staaten verhütteten Eisenerzes stammt aus den südlich und westlich des Oberen Sees in den Staaten Michigan und Minnesota gelegenen Eisenerzgruben. Von den zwanzig anderen Staaten der Union, in denen Eisenerze gewonnen werden, bringt nur Alabama mehr als eine Million Tonnen hervor, und zwar 3,65 Millionen Tonnen im Jahre 1905. Mesaba, Vermillion, Gogebic, Menominee und Marquette Ranges sind die Namen der wichtigsten Erzbezirke am Oberen See. Der Eisengehalt der Erze dieser Gruben ist durchschnittlich 45 bis 55 vH., in mehreren steigt er sogar bis auf 65 vH. Insgesamt wird der Reichtum der Gruben an Erzen auf 2200 Millionen Tonnen geschätzt. Von diesem befanden sich bereits bis zum vorigen Jahre etwa 1250 Millionen Tonnen

Tabelle III.[2])

Minettegebiet	1906 Tonnen	1905 Tonnen	1904 Tonnen	1903 Tonnen	1902 Tonnen	1901 Tonnen	1900 Tonnen
Mesaba	23 792 882	20 153 699	12 156 008	12 892 542	13 342 840	9 004 890	7 809 535
Gogebic	3 641 985	3 705 207	2 398 287	2 912 912	3 663 484	2 938 155	2 875 295
Marquette	4 057 187	4 210 522	2 843 703	3 040 245	3 853 010	2 254 680	3 457 522
Menominee	5 109 088	4 495 451	3 074 848	3 741 284	4 627 524	3 605 449	3 621 221
Vermillion	1 792 355	1 677 186	1 282 513	1 676 699	2 084 263	1 786 063	1 655 820
Verschiedene	128 742	111 391	47 480	17 913	—	—	—
Zusammen	38 522 239	34 353 456	21 822 839	24 281 595	27 571 121	20 589 237	19 059 393

2) Alle Maßangaben sind auf deutsche Einheiten umgerechnet.

im Besitze der „United States Steel Corporation". Durch die im Oktober v. J. erfolgten Ankäufe der Mr. James J. Hill gehörigen Grubenfelder im Mesaba-Bezirk hat dieser Trust sich weitere etwa 500 Millionen Tonnen Erz gesichert. Seit

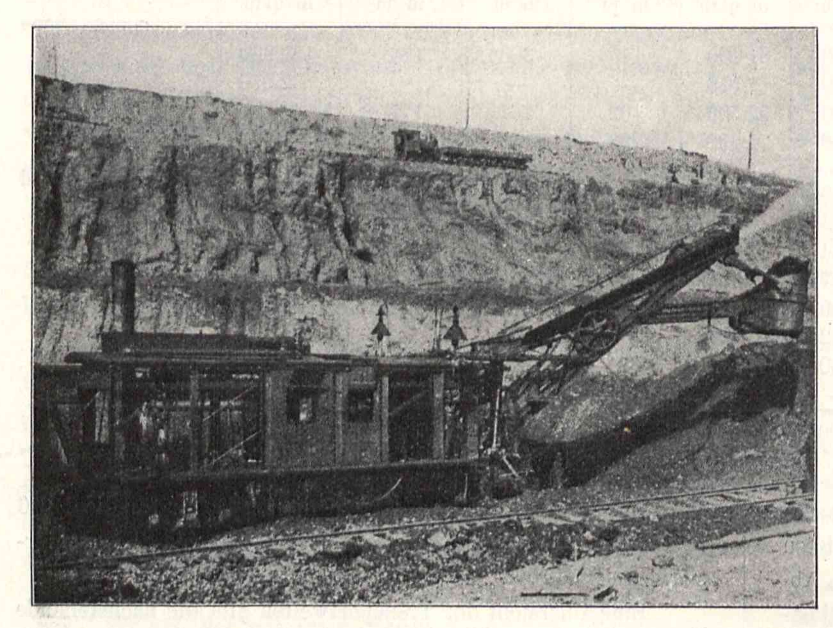


Abb. 1. Tagebau in dem Minettegebiete am Ontario-See.

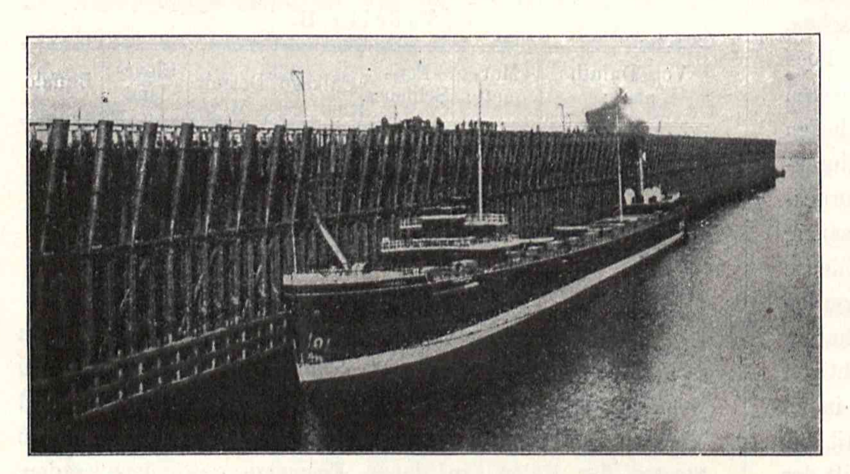


Abb. 2. Bühne zum Überladen von Erz auf das Schiff in Duluth Superior.

dem Jahre 1854 sind bis einschl. 1906 insgesamt rund 330 Millionen Tonnen Eisenerze aus dem Minettegebiete am Oberen See verschifft worden. Die vorstehende Tabelle — III — gibt ein Bild der Gesamtverschiffung aus den wichtigsten Bezirken während der Jahre 1900 bis 1906.

Etwa 70 vH. der Erze werden bergmännisch (300 bis 500 m Teufe) in Gruben, der Rest von 30 vH. im Tagebau gewonnen; Text-Abb. 1 zeigt diese Art der Gewinnung und ferner die ungeheuren Tiefen der in mehreren Staffeln gleichzeitig abgebauten Felder; der Greifer nimmt bei jedem Griff etwa $5^1/_2$ t Erz, täglich 5000 bis 6000 t. Die Entfernung der einzelnen Gruben von den Verschiffungshäfen schwankt zwischen einigen und 200 Kilometern. Der Transport erfolgt meist in besonderen noch in Holz gebauten Wagen mit Bodenklappen von etwa 30 bis 35 t Fassungsraum. Die Hauptverschiffungshäfen und ihr Verkehr sind aus nachfolgender Zusammenstellung — IV — ersichtlich.

Die Wagen fahren sofort nach Ankunft auf senkrecht zum Ufer in den See hineingebaute Bühnen, entleeren hier ihren Inhalt nach Öffnung der Bodenklappen selbsttätig in einzelne Behälter — pockets — und stehen sofort wieder zur Abfahrt nach den Gruben bereit. Schon Ende des Jahres 1900 wurde der Fassungsraum aller dieser Behälter in den Ausfuhrhäfen bereits auf 660 000 t angegeben. Ende 1905 waren insgesamt 6734 Behälter mit 1 282 100 t Erzfassungsraum vorhanden. Aus ihnen fließt das Erz selbsttätig durch eine umklappbare, entsprechend geneigte kreisrunde Schüttrinne in die durch Querwände getrennten einzelnen Abteile des längs der Bühne festgemachten Schiffes. Text-Abb. 2 zeigt eine dieser üblichen Anordnungen. Auf diese einfache Weise wird ein Schiff von 8000 t Ladefähigkeit in drei bis vier Stunden mit einem Kostenaufwande von nur wenigen Dollar für die ganze Ladung beladen. Nach statistischen Nachweisungen der „United States Steel Corporation" beträgt der Aufenthalt aller ihrer Schiffe im Beladehafen im Jahresdurchschnitt seit 1902 etwa 14 Stunden. Für das Jahr 1902 wurde in Two Harbors die durchschnittliche Beladezeit im Mittel aus 1149 Schiffsladungen von durchschnittlich 4830 t zu acht Stunden ermittelt.

Die Gewinnungskosten in der Grube werden durchschnittlich auf 70 Cent (2,90 Mark) für die Tonne angegeben. In dem vorbezeichneten Kaufvertrage zwischen dem Stahltrust und Mr. Hill ist der Wert des Erzes ab Grube zu 1 Dollar durchschnittlich angegeben. Der Trust zahlt im ersten Jahre (1907) einen Preis von 85 Cent ab Grube und erhöht diesen jährlich um 3,4 vH.; er verpflichtet sich weiter, im ersten Jahre 750 000 t abzunehmen und diese jährlich um die gleiche Menge zu vergrößern, bis der Betrag von jährlich 8 250 000 t erreicht ist. Hiernach hat also der Trust im Jahre 1917 für den Höchstbetrag von 8 250 000 t einen

Tabelle IV.

Häfen	1906 in 1000 kg	1905 in 1000 kg	1904 in 1000 kg	1903 in 1000 kg	1902 in 1000 kg	1901 in 1000 kg	1900 in 1000 kg
Escanaba	5 851 050	5 307 938	3 644 267	4 277 561	5 413 704	4 022 668	3 436 734
Ashland	3 388 106	3 485 344	2 288 400	2 823 119	3 353 919	2 886 252	2 633 687
Two Harbors . . .	8 180 125	7 779 850	4 566 542	5 120 656	5 605 185	5 018 197	4 007 294
Duluth	11 220 218	8 807 559	4 649 611	5 356 473	5 598 408	3 437 955	3 888 986
Superior	6 083 057	5 118 385	4 169 990	3 978 579	4 180 668	2 321 077	1 522 899
Marquette	2 791 033	2 977 828	1 907 301	2 007 346	2 595 010	2 354 284	2 661 861
Gladstone	—	—	553	85 816	92 275	117 089	418 854
All-rail	1 008 650	876 552	596 175	640 328	531 952	431 715	489 078
Zusammen	38 522 239	34 353 456	21 822 839	24 289 878	27 571 121	20 589 237	19 059 392

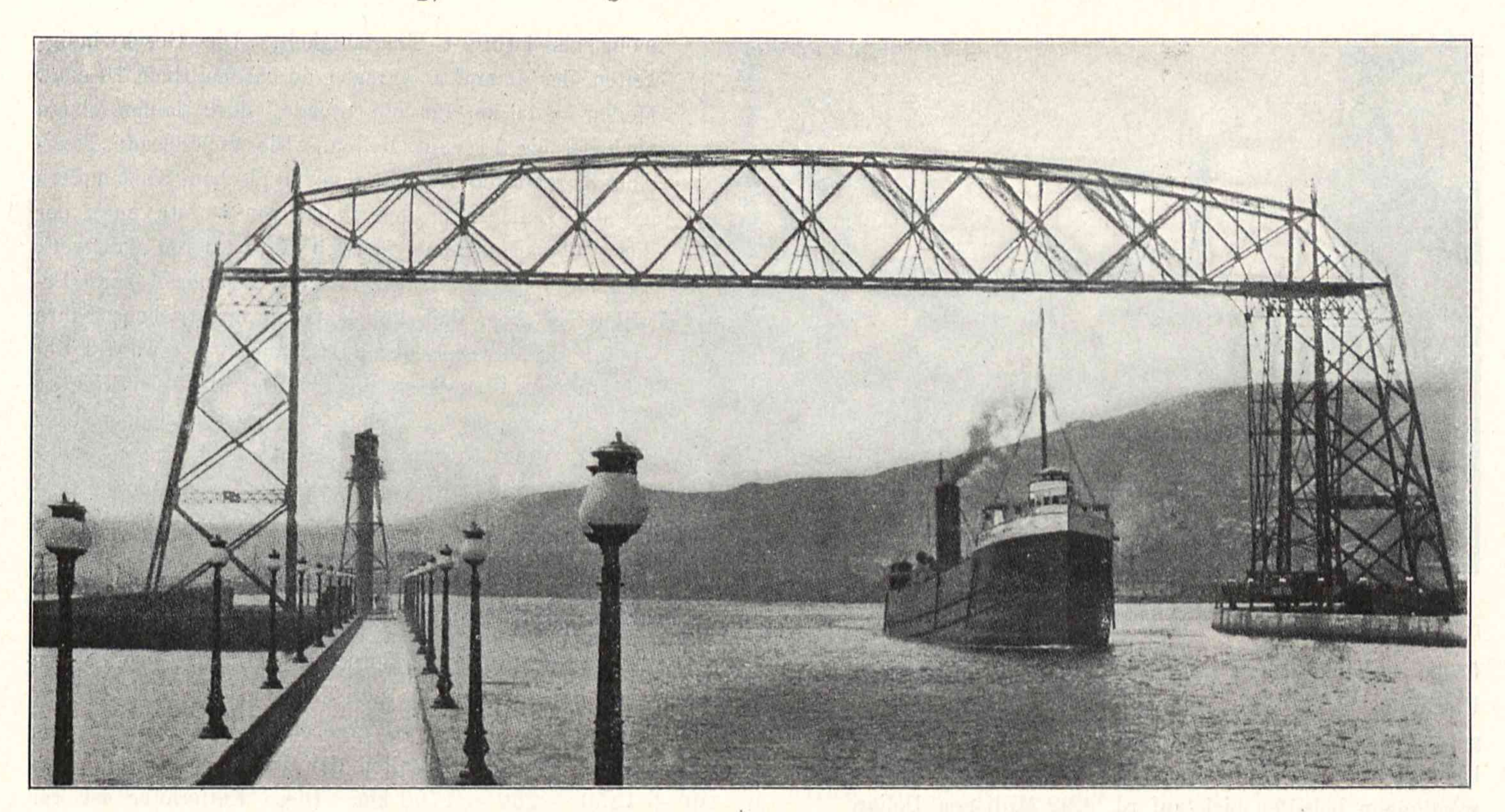


Abb. 3. Seedampfer bei der Einfahrt in den Hafen von Duluth unter der Schwebefähre.

Preis von 1,19 Dollar ab Grube zu zahlen. Die Transportkosten von der Grube bis zur Ladebühne am Hafen sind in diesem Vertrage einheitlich auf 80 Cent für die Tonne festgesetzt. Nach Zeitungsangaben ist der vorstehende der höchste bisher gezahlte Preis ab Grube. Der Vertrag, der auf der Grundlage von 1 Dollar für die Tonne fast die Hälfte des 1100 Millionen Dollar betragenden Aktienkapitals des Trusts darstellt, beweist die Überzeugung des Trusts, billiger Erz auch in späteren Jahren nicht zu erhalten, und sein Vertrauen auf eine gleichmäßige stete Entwicklung des Absatzes, sowie seine Voraussicht gegen ihm unerwünschte Preisverschiebungen.

Der beigefügte Übersichtsplan (Abb. 1 Bl. 37) zeigt die Anordnung der Gleis- und Hafenanlagen in dem Hauptverschiffungshafen Duluth-Superior, der durch Gesetz vom 3. Juni 1896 aus den bis dahin getrennten, nach den gleichnamigen Städten benannten Häfen Duluth und Superior gebildet wurde.

Der Hafen besteht aus der dem See nächst gelegenen Superior-Bai und der von dem gleichnamigen Flusse durchflossenen St. Louis-Bai; voneinander sind beide durch die Landzungen Connors- und Rice-Point getrennt. Einen natürlichen Wellenbrecher gegen den See bilden die weiteren, diesen eben genannten vorgelagerten Landzungen Wisconsin- und Minnesota-Point. Die Einfahrt in den Hafen von dem See aus erfolgt entweder durch die die beiden letztgenannten Landzungen trennende Superior-Einfahrt, ursprünglich nur die natürliche Mündung des Nemadji-Flusses, oder durch die künstlich hergestellte, von einer mächtigen Schwebefähre überbrückte Duluth-Einfahrt (Text-Abb. 3).

Seitens der Bundesregierung wurden nach einem Beschlusse des Kongresses vom 3. März 1881 zunächst Schiffahrtsrinnen von 25,5 bis 100 m Breite und 16′ = rd. 4,8 m Tiefe in beiden Einfahrten und dem Hafen hergestellt. Unmittelbar nach Fertigstellung dieser Regulierung im Jahre 1896 hat die Entwicklung der Schiffahrt dazu genötigt, diese Mindesttiefe auf 20′ = rd. 6,0 m bei Niedrigwasser zu erhöhen. Seit November 1902 sind annähernd 17 engl. Meilen = rd. 27,4 km Schiffahrtsrinnen von 36 bis 180 m nutzbarer Breite und Hafenbecken mit zusammen rd. 144 ha Wasser-

Tabelle V.

Häfen	1906 in 1000 kg	1905 in 1000 kg	1904 in 1000 kg	1903 in 1000 kg	1902 in 1000 kg	1901 in 1000 kg	1900 in 1000 kg
Toledo	1 423 741	1 006 855	508 793	652 305	1 037 571	798 298	645 147
Sandusky	35 847	51 202	48 356	130 532	165 556	33 017	154 542
Huron	778 453	825 278	231 364	486 106	520 646	431 311	321 914
Lorain	2 191 965	1 605 823	972 931	990 490	1 442 417	721 662	1 090 235
Cleveland	6 604 661	5 854 745	3 572 228	4 434 160	4 873 318	3 831 060	3 376 644
Fairport	1 861 498	2 008 621	1 157 858	1 434 342	1 538 744	1 181 776	1 085 554
Ashtabula	6 833 352	6 373 776	3 639 250	4 242 160	4 796 805	3 981 170	3 709 486
Conneaut	5 432 539	5 327 552	4 083 655	3 903 937	4 300 301	3 181 019	2 556 631
Erie	1 986 539	2 112 476	1 284 778	1 257 798	1 717 268	1 379 377	1 240 715
Buffalo und Tonawanda	4 928 331	3 774 928	243 360	2 149 901	2 256 798	1 475 386	1 616 919
Zusammen	32 076 757	28 941 259	17 932 814	19 681 731	22 649 424	17 014 076	15 797 787

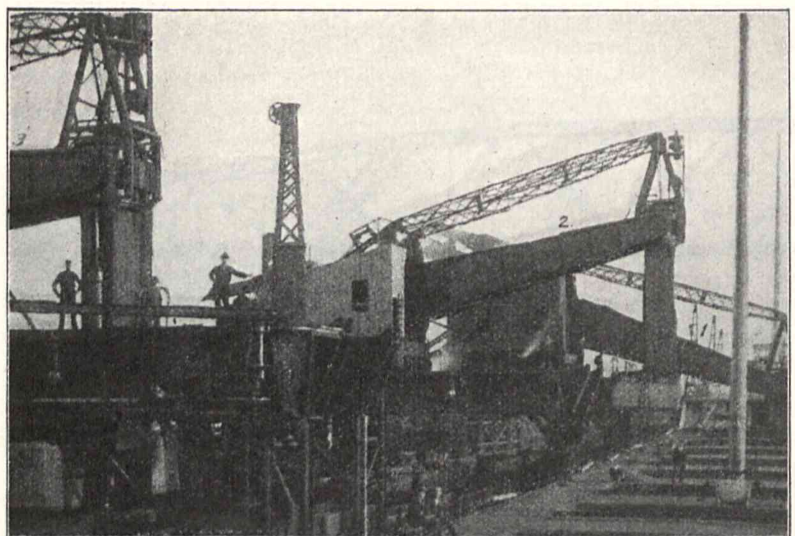


Abb. 4. Hulett-Entlader.

fläche vorhanden; die Länge der in Benutzung befindlichen Uferlinien beträgt rd. 49 engl. Meilen = rd. 79 km. Die gesamten seitens der Bundesregierung in den Jahren 1867 bis einschl. 1905 für Zwecke der Schiffahrt gemachten Aufwendungen belaufen sich auf rd. 4,92 Millionen Dollar.

Duluth-Superior ist nicht nur der Hauptverschiffungshafen für die Erze und der Hauptumschlaghafen für die von Osten kommende Kohle, sondern, wie der Plan schon zeigt, auch einer der wichtigsten Ausfuhrhäfen für Getreide jeglicher Art, Mehl und Holz; hierüber näheres weiterhin (S. 291).

Etwa ein Zehntel der Erze gehen nach Chikago zu den dortigen großen Werken der „United States Steel Corporation" und zu kleineren Hochöfen in Michigan und Wisconsin; neun Zehntel dagegen gehen nach den Umschlaghäfen am Südufer des Eriesees. Dort wird das Erz entweder in den am Ufer liegenden Hüttenwerken verhüttet oder umgeladen und mit der Bahn nach den im Kohlenbezirk um Pittsburg liegenden Hochöfen versandt. Die vorstehende Zusammenstellung — V — gibt eine Übersicht der hauptsächlichen Erzhäfen an diesem See und ihres Verkehrs in Eisenerzen in 1000 kg von 1900 bis einschl. 1906.

Der Transport der Erze erfolgt ausschließlich auf dem Wasserwege und zwar zum weitaus größten Teile durch Schiffe unter eigenem Dampf; die Segelschiffahrt ist für diesen Zweck fast ganz, die Schleppschiffahrt wird allmählich von ihnen verdrängt. Die Abmessungen dieser Dampfschiffe haben sich in den letzten Jahren ungemein erhöht. Das erst vor drei bis vier Jahren eingeführte Zehntausendtonnenschiff wird mehr und mehr die Regel für das dem Massengüterverkehr dienende Seeschiff. Die mächtigsten Erztransportdampfer, z. B. „Steamer, J. Pierpont Morgan, Pittsburg Steamship Co.", mit 13924 t Tragfähigkeit und Steamer „E. H. Gary" derselben Gesellschaft mit 12003 t Tragfähigkeit laufen von Escanaba nach Süd-Chikago. Die Abmessungen des „J. Pierpont Morgan" sind 200 m ganze Länge, 17,4 m Breite und 9,6 m Tiefe. Von den Schiffen nach dem Südufer des Eriesees haben bis heute nur wenige mehr als 10000 t Tragfähigkeit. Die Geschwindigkeiten der Dampfer betragen durchschnittlich 10 engl. Meilen = 16 km für die Stunde, doch laufen einige auch 12 bis 14 engl. Meilen. Die umstehende Text-Abb. 3 zeigt die Ansicht eines typischen Seedampfers bei der Einfahrt in den Hafen von Duluth unter der diese überspannenden Schwebefähre, deren Tragwerk 41,1 m lichte Höhe über dem Wasserspiegel hat. Erwähnt sei hier, daß die elektrisch angetriebene Fähre — im Bilde rechts vom Beschauer — etwa 80 Sekunden zum Übersetzen braucht und alle zehn Minuten von morgens 6 bis abends 9 Uhr von jedem Ufer abfährt. Die Kosten der Gründung betrugen 8000 Dollar, die des eisernen Überbaues sowie der Fähre 100000 Dollar, und die der Rampen 8000 Dollar.

Nach dem bisher Gesagten beträgt die mittlere Entfernung zwischen Erzgrube und Verschiffungshafen etwa 100 km, zwischen diesem und dem Südrande des Eriesees etwa 1350 km. Berücksichtigt man weiter die Entfernung von hier aus bis zum Kohlengebiete um Pittsburg mit 250 km im Mittel, so ergeben sich Transportweiten zwischen den Gewinnungsstellen der Erze und der Kohle von 100 + 1350 + 250 = 1700 km. Diese Entfernung ist um einige Kilometer größer als die Strecke Berlin—St. Petersburg über Eydtkuhnen.

So bequem und billig bis heute auch die Gewinnung der Erze und Kohle in der Grube, so günstig und verbilligend für die Frachtsätze auch die natürliche Großschiffahrts-Wasserstraße zwischen den Gebieten ihrer Erzeugung ist, die weitgehende Vervollkommnung der Umladevorrichtungen infolge Ersetzung der Menschenkraft durch die Maschine und die hiermit verbundene Verkürzung der Umladezeiten unter gleichzeitiger vielfacher Vermehrung der bewegten Massen mußte hinzukommen, um die mehr und mehr steigende Übermacht der amerikanischen Eisen- und Kohlenindustrie zu ermöglichen. — Die Vorrichtungen für den Erztransport zum Beladen der Wagen in der Grube und der Schiffe in dem Aus-

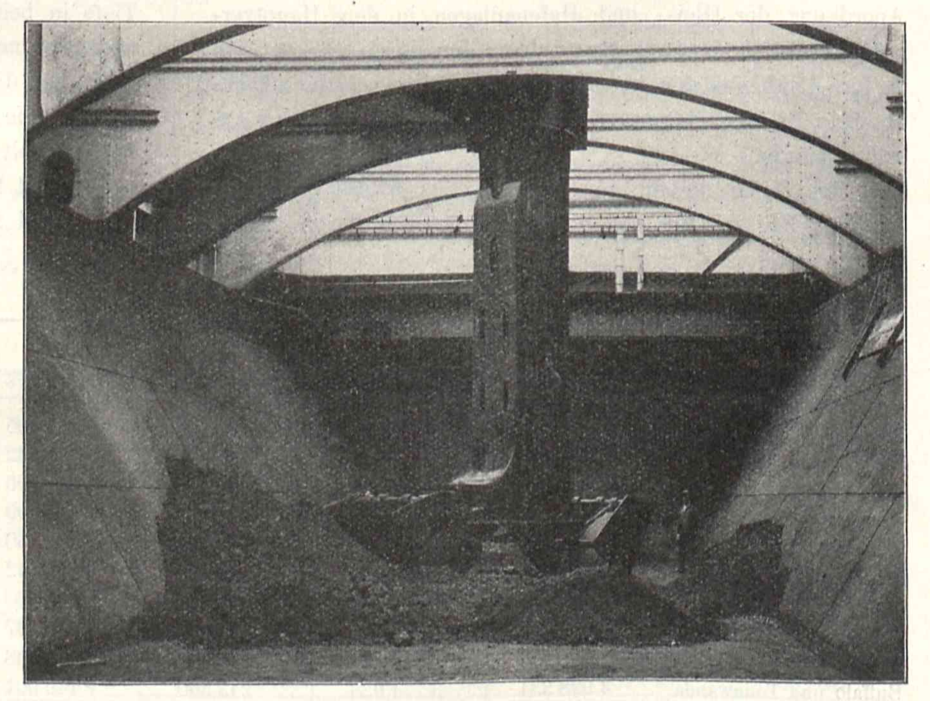


Abb. 5. Greifer des Hulett-Entladers bei der Arbeit im Schiffsraum.

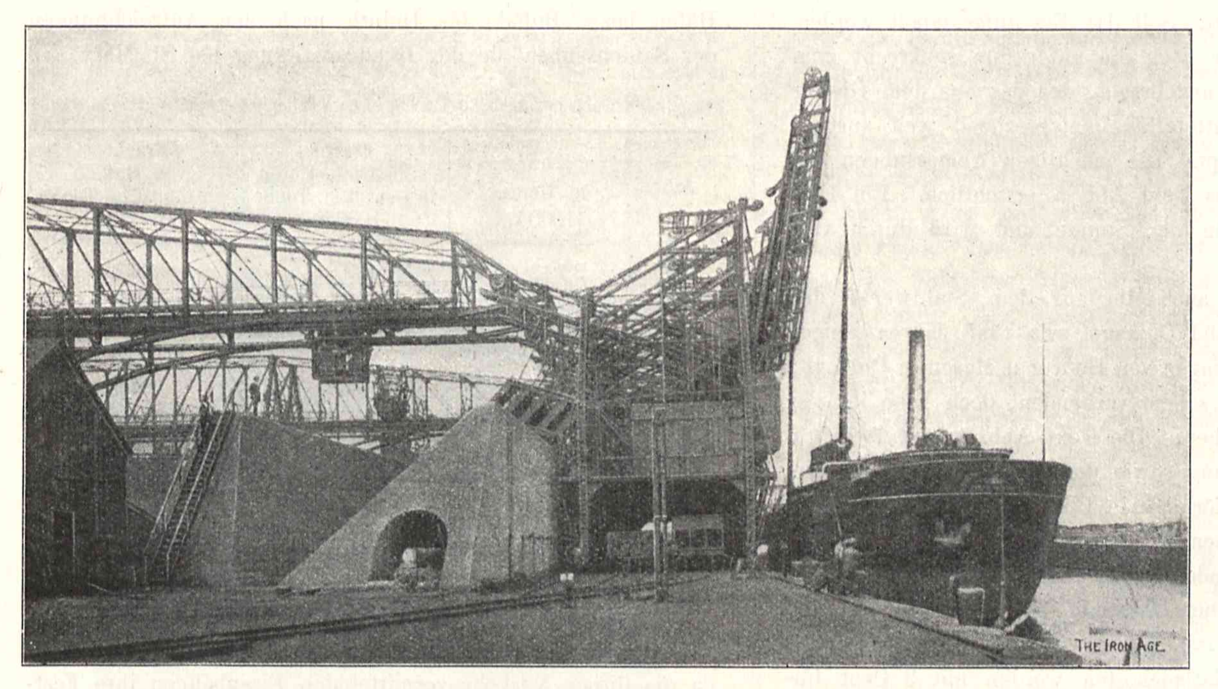


Abb. 6. Umladevorrichtung von Hoover u. Mason auf dem Illinois-Stahlwerk in Süd-Chikago.

fuhrhafen sind bereits geschildert. Die Entladung der Schiffe erfolgt ausschließlich durch Greifervorrichtungen. Am bekanntesten auch bei uns sind die Vorrichtungen der „Brown Hoisting Machinery Co." in Cleveland (Ohio), an deren Spitze Mr. Alexander Brown steht. Etwa 75 vH. aller Entladevorrichtungen sind nach den Patenten dieser Gesellschaft gebaute sog. „Brownhoist". Grundsätzlich gleich sind die Vorrichtungen der King Bridge Co. und die sog. „Mc Mylers direkte Entlader". Bezeichnend für diese Anordnungen sind bekanntlich längs des Ufers auf Gleisen parallel zu diesen sich bewegende Brücken, an denen die senkrecht zu ihnen laufenden Greifer hängen; in jedem Falle ist es nötig, im Schiffsraume das Erz von Hand in die Greifer zu schaufeln. Die Kosten für das Entladen mit diesen Vorrichtungen wurden mir zu $12\frac{1}{2}$ bis 15 Cent für die Tonne angegeben, von welchem Betrag nur etwa 2 Ct. auf die eigentliche Entladearbeit, der größte Betrag auf das Zusammenschaufeln des Erzes im Schiffe kommt.

Diesen Vorrichtungen weit überlegen sind der in den letzten fünf Jahren zur allgemeineren Einführung gelangte, vorzugsweise von der Firma Webster, Camp u. Lane in Akron (Ohio) gebaute Hulett-Entlader (Text-Abb. 4 u. 5) und die Enladevorrichtung der Firma Hoover u. Mason in Chikago (Text-Abb. 6 u. 7). Auch der Hulett-Entlader ist auf einer parallel zum Ufer auf Gleisen laufenden Laufbrücke aufgestellt; er ruht in einem senkrecht zum Ufer auf Rädern laufenden Wagen. Die weitere allgemeine Anordnung ist aus der Text-Abb. 4 ersichtlich; sie ist dem „Journal of the Western Society of Engineers" in Chikago, 1734—41 Monadnock Block, der wichtigsten Zeitschrift für die Technik des „Mittleren Westens", entnommen. Bezeichnend für die Anordnung ist der mächtige, an einem starren schweren senkrechten Arm exzentrisch sitzende Greifer; er greift selbsttätig das Erz im Schiffsraum und zwar zehn Tonnen mit einem Griff; sein durch die Exzentrizität gegebener Arbeitskreis von 5,5 m gestattet, 90 bis 95 vH. der ganzen Entladung ohne irgend welche Handarbeit zu entladen. Greifer Nr. 1 in der Abbildung ruht im Schiffsraum, Nr. 2 hebt das ergriffene Erz, Nr. 3 ist zurückgezogen und hat das Erz bereits in den darunter befindlichen

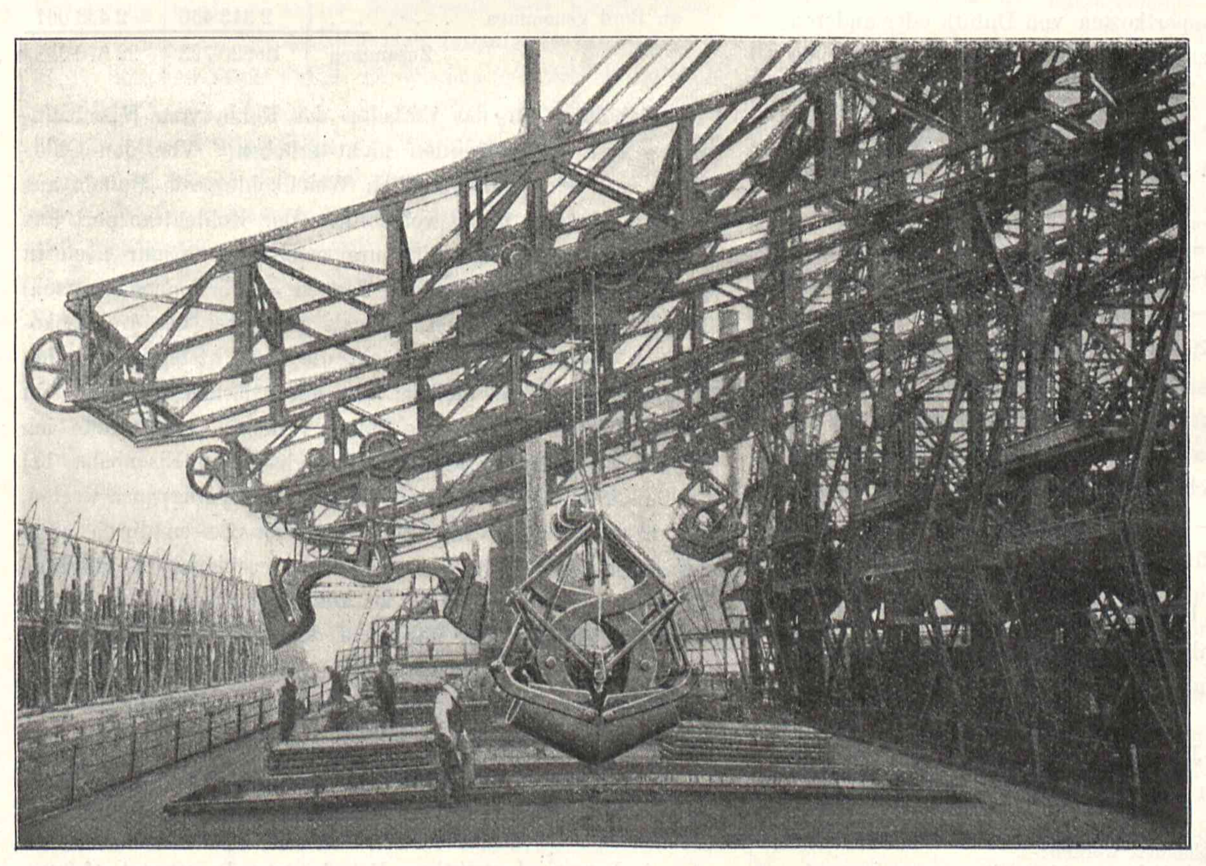


Abb. 7. Greifer der Umladevorrichtung von Hoover u. Mason.

Eisenbahnwagen entleert. Soll das Erz aufgestapelt werden, so ist an dem Entlader noch ein unter ihm senkrecht zum Ufer laufender Wagen angebracht, der das aus dem Greifer in den Enlader geschüttete Erz entsprechend weit zurückbringt und dann abkippt. Die mächtigen Abmessungen des Greifers selbst sind aus Text-Abb. 5 ersichtlich. Ein Entlader entladet 200 t in der Stunde und wird durch vier Mann bedient.

Gerühmt werden auch die auf dem Stahlwerke der Illinois-Steel-Co. in Süd-Chikago seit fünf Jahren eingeführten Umladevorrichtungen von Hoover u. Mason in Chikago; auch in Ashtabula sind solche vorhanden, doch habe ich sie selbst noch nicht gesehen. Die Text-Abb. 6 und 7 geben die allgemeine Anordnung sowie den Greifer im besonderen. Eigenartig sind der V-förmige in Beton hergestellte Sammelkanal in der allgemeinen Anordnung (Text-Abb. 6), in den das Erz zunächst entladen wird, sowie der selbsttätig mit einem Griff fünf Tonnen fassende sehr schwere Greifer. Etwa 60 vH. der Ladung können so ohne Handarbeit beseitigt werden. Die Entladekosten werden mit 3 Cent für die Tonne angegeben.

Wie nun sind die derzeitigen wirtschaftlichen und technischen Ergebnisse aller der geschilderten einzelnen Anordnungen des Beladens, des Transportes auf den Seen und des Entladens? Durchschnittlich legen die zurzeit noch als Regel geltenden Schiffe von 8000 t Tragkraft während einer Schiffahrtsdauer, die nach dem Gesagten ein wenig über 200 Tage beträgt, je fünfundzwanzig Hin- und Rückfahrten zurück. Gegen den Schluß der Schiffahrt (Ende November) lagert auf den Lagerplätzen in den Hafenstädten regelmäßig ein Drittel bis die Hälfte des gesamten im Jahre während der Schiffahrtszeit verschifften Erzes zwecks Verhüttung in den Werken am Platze oder zwecks Transportes nach dem Kohlengebiete. Die Transportkosten von Duluth oder anderen Verschiffungshäfen bis zu den Städten am Eriesee betragen zurzeit durchschnittlich 75 Cent für die Tonne. — Vergleiche die nachstehende Zusammenstellung — VI —:

Tabelle VI.

Durchschnittsfracht des von Duluth und anderen Städten am Oberen See nach den Ohio-Häfen verladenen Erzes.

Jahr	1896	1897	1898	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906
Fracht in Cent	97,7	63,8	59,0	79,4	120,7	79,99	77,49	84,01	72,54	75,06	75,08

Rechnet man hinzu die bereits angegebenen Kosten bis Duluth mit 1,80 Dollar sowie die Entladekosten mit 0,20 Cent (ungünstig), so ergibt sich ein Betrag von 1,0 + 0,80 + 0,75 + 0,20 = 2,75 Dollar = rd. 11,50 Mark für die Tonne Erz frei Wagen oder frei Hüttenwerk Ohio-Hafen.

b) Kohlen.

Eine erhebliche Zahl der Erzschiffe ist nicht gezwungen, leer zurückzukehren, sondern bringt die Kohle Pennsylvaniens nach dem Oberen See. Die folgende Tabelle — VII — gibt die in den letzten Jahren verschifften Mengen und die mittleren Frachtsätze für die Tonne Kohle[3]) von den Ohio-Häfen bezw. Buffalo bis Duluth nach den Aufzeichnungen der Schleusenbehörde der Bundesregierung bei St. Mary.

Tabelle VII.

Jahr	Kohle in Tonnen [1000 kg]	Fracht vom Ohio-Hafen in Cent f. d. Tonne [1000 kg]	Fracht von Buffalo in Cent f. d. Tonne [1000 kg]
1896	2 721 006	32,8	26,7
1897	2 735 254	28,9	28,9
1898	3 398 805	25,5	25,5
1899	3 546 798	50,6	55,0
1900	4 038 278	44,4	43,9
1901	4 133 822	42,2	42,2
1902	4 331 230	38,3	36,7
1903	6 243 869	45,0	42,2
1904	5 809 382	41,1	36,7
1905	5 858 150	37,2	36,7
1906	7 865 667	38,9	38,9

Zuverlässig genaue Angaben über den gesamten Kohlenversand von den Häfen am Eriesee sind nicht vorhanden, da die diesen Verkehr vermittelnden Eisenbahnen ihre Feststellungen wegen des scharfen Wettbewerbs untereinander nicht veröffentlichen. Die besten diesbezüglichen Angaben sind die von dem statistischen Bureau des Ministeriums für Handel und Gewerbe[4]) nach verschiedenen Quellen zusammengestellten, die nachstehend wiedergegeben sind.

	1905 in Tonnen [1000 kg]	1906 in Tonnen [1000 kg]
Von und nach Vereinigten Staaten-Häfen	11 599 234	14 014 813
Von Vereinigten Staaten-Häfen nach kanadischen Häfen	5 608 103	6 122 884
Von Dampfschiffen zu Feuerungszwecken an Bord genommen	2 313 456	2 433 061
Zusammen	19 520 793	22 570 758

Gebühren für das Umladen der Kohle vom Eisenbahnwagen zum Schiff werden nicht erhoben. Von den Ohio-Häfen aus wird ausschließlich Weichkohle, von Buffalo aus ausschließlich Anthrazit verschifft. Der Kohlentransport aus dem Kohlenbezirk um Pittsburg erfolgt heute nur noch in eisernen Wagen von 50 engl. Tonnen = 45 Tonnen (deutsch) Tragkraft. Die endlosen, oftmals mit zwei bis drei Lokomotiven bespannten Kohlenzüge, die von Pittsburg nach den Ohio-Häfen laufen, bleiben dem europäischen Besucher ein unvergeßliches Bild dieses Massenverkehrs. So mußte ich an einem Bahnübergang der Lehigh-Valley-Eisenbahn bei Columbus (Ohio) eine volle Stunde auf eine Zugpause warten, um diese Bahn, die auf allen ihren vier Gleisen durch lange ausschließlich aus 45 Tonnen-Wagen bestehende Kohlenzüge belagert war, überschreiten zu können.

Das Umladen der Kohle auf das Schiff erfolgt fast ausschließlich durch Kipper; Text-Abb. 8 und Grundriß, Text-Abb. 9 geben die allgemeine Anordnung der zurzeit besten und für Neubauten ausschließlich angewendeten Anlage, die von der Firma Mc Myler Mfg. Co. in Cleveland gebaut wird. Auf dem Gleis *a* stehen festgebremst die vollen Wagen;

3) Verfrachtet und gehandelt werden:
Eisenerze in gross-tons = 2240 lbs = 1008 Kilogramm
Kohlen „ net-tons = 2000 lbs = 900 „

4) Bureau of statistics, United States Department of commerce and labor.

der erste Wagen B_1 läuft nach Lösen der Bremse selbsttätig auf die Bühne B des Kippers, stößt den hier stehenden entleerten Wagen B durch die Weiche c unter gleichzeitigem

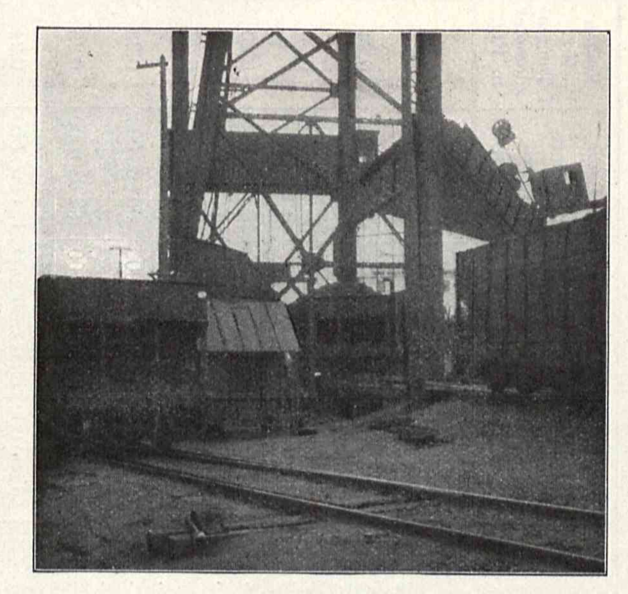


Abb. 8. Kohlenkipper der Firma Mc. Myler Mfg. Co. in Cleveland.

Aufschneiden derselben auf die ansteigende Ebene d. Wagen B_1 selbst wird gehoben, um die Längsachse gekippt und so über die in der Text-Abb. 8 sichtbare Rutsche entleert; nach

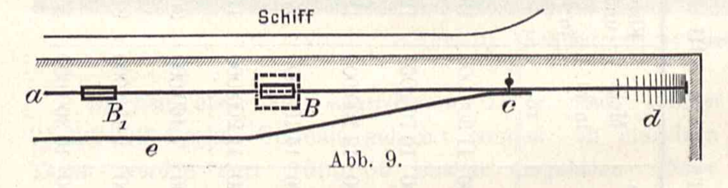


Abb. 9.

Entleerung wird er wieder aufgekantet und hinabgelassen. Der auf der schiefen Ebene d sich totlaufende Leerwagen B kehrt um und läuft durch die Weiche C jetzt in die Aufstellgleise e der Leerwagen. Die stündlich geforderte Leistungsfähigkeit dieser Kipper ist 25 Wagen zu 45 t. Tatsächlich werden 35 Wagen in dieser Zeit entleert. Zur Bedienung sind nur ein Maschinist für den Kipper und ein Bremser für die Wagen erforderlich. Es ist ersichtlich, daß ein 10000 Tonnen-Schiff unschwer in einem Tage an nur einem Kipper beladen wird.

Die Transportkosten der Kohle von Pittsburg bis zu den Ohio-Häfen frei Schiff betragen im Durchschnitt der letzten zehn Jahre 1,15 Dollar für die Tonne (1000 kg). Unter Beachtung der in Tabelle VII gemachten Angaben belaufen sich mithin die gesamten Transportkosten auf der Strecke Pittsburg—Duluth — 1350 km Wasserstraße und 250 km Bahnfracht — auf nur 1,15 + 0,38 = 1,53 Dollar für die Tonne Kohle.

Zum Vergleich seien nachstehend die Durchschnittsfrachten für eiserne Kähne auf der 353 km langen Strecke von den Ruhrhäfen nach Mannheim für 1000 kg angegeben:

Tabelle VIII.

Jahr	1901	1902	1903	1904	1905
Fracht in Mark .	1,01	0,98	1,21	1,33	1,10

An Bahnfracht kostet ein Tonnenkilometer Kohle von Pittsburg bis Ohio-Hafen rund 2 Pfennig, auf der preußischen Staatsbahn 2,5 Pfennig.

Der Mittelpunkt dieses einzig großartigen Erz- und Kohlenumschlagverkehrs ist Cleveland, die größte Stadt im Staate Ohio mit einer Einwohnerzahl von 414950 im Jahre 1903. Der beigefügte Übersichtsplan (Abb. 2 Bl. 37) gibt ein Bild des Hafens und der anschließenden Teile dieser Stadt. Die Erzentladevorrichtungen und die Lagerplätze des Erzes liegen längs der Ufer des die Stadt durch fließenden Cuyahoga sowie an denjenigen seines alten Bettes; die Kohlenkipper liegen auch teils hier, teils unmittelbar am Seeufer, z. B. an dem mit K bezeichneten Hafenbecken.

Ursprünglich bestand der Hafen von Cleveland nur aus dem Flusse und seinen Ufern. Im Jahre 1875 wurde seitens der Bundesregierung der Bau von Wellenbrechern in Holzbauweise vor der Flußmündung in Angriff genommen und mit Unterbrechungen bis 1893 fortgesetzt. In dem westlichen Wellenbrecher wurde 1895 eine Öffnung von rd. 60 m Breite hergestellt, um der nach Osten gehenden Strömung des Eriesees Eintritt in den Hafen zu gewähren; so wurden die durch die unmittelbare Einleitung der Abwässer in den Hafen entstandenen Mißstände abgeschwächt. Auf Grund eines Beschlusses des Kongresses vom Jahre 1896 wurden diese ursprünglichen Wellenbrecher in ihren oberen Teilen abgebrochen und durch in Beton hergestellte ersetzt; eine gleichzeitig beschlossene Verlängerung des östlichen Wellenbrechers um fast 5 km befindet sich noch in der Ausführung. Die durch weitere Beschlüsse festgesetzte Tiefe der Hafensohle auf mindestens 21′ = rd. 7,0 m unter N.W. ist im wesentlichen fertiggestellt. Seitens der Stadtverwaltung ist entsprechend die Sohle des Flusses gleichfalls auf rd. 7,0 m bis hinauf zur Jefferson-Straße, einer Strecke von 6,4 km, vertieft worden. Die Bundesregierung hat von 1875 bis 1906 insgesamt rd. 4,36 Millionen Dollar für die vorbezeichneten Verbesserungen aufgewendet.

Wenn auch der Tonnengehalt der umgeschlagenen Erze in anderen Häfen (Conneaut und Ashtabula) mindestens jährlich die gleiche Höhe erreicht, so ist doch Cleveland der Sitz der großen Gesellschaften, die den Versand und Verkauf des Erzes überwachen und beherrschen. Hier liegen ferner die großen Schiffswerften, die die Seeschiffe bauen. Cleveland ist bekanntlich auch der Entstehungsort der Standard-Oil-Company und der Sitz zahlreicher anderer großer Industrien. Auch die großen Hüttenwerke haben sich teilweise aus dem Kohlenbezirk um Pittsburg nach Cleveland und anderen Ohio-Häfen gezogen. Die Verlegung der Werke an die Seeufer hat diese für die Erzanfuhr vollständig, sowie für ihre Erzeugnisse teilweise unabhängig von den Eisenbahnen und dem Wagenmangel gemacht. Die Frachtsätze für die Rohstoffe bleiben annähernd die gleichen. In Pittsburg wird an Kohlenfrachten, an den Seeufern an Erzfrachten der gleiche Betrag annähernd gespart. Hinzu kommt, daß die Schwierigkeiten und Kosten, die sich der baulichen Erschließung größerer Flächen in dem gebirgigen Gelände nahe bei Pittsburg hindernd entgegenstellen, in dem Flachlande am Eriesee in Fortfall kommen.

c) Landwirtschaftliche Erzeugnisse und andere Massengüter.

Die großen Seen vermitteln nicht allein den Erzverkehr ausschließlich und teilweise den Kohlenverkehr; sie sind auch die Hauptzubringer der landwirtschaftlichen Erzeugnisse des Mittleren Westens nach dem gewerbereichen Osten. Ja, dem Werte nach ist dieser Verkehr noch bedeutender als derjenige in Erz und Kohle. Der gesamte Verkehr an Getreide jeglicher Art (Weizen, Roggen, Gerste, Hafer) und Mehl auf den Seen in östlicher Richtung betrug in den Jahren:

Tabelle IX.

Jahr	in Bushel[5])	in hl rd.
1901	275 014 111	96 800 000
1902	284 505 369	100 000 000
1903	292 123 111	102 600 000
1904	188 250 357	66 200 000
1905	259 168 109	91 200 000
1906	289 929 614	102 000 000

Zum allergrößten Teil kommt dieses Getreide aus den Häfen am Oberen See und hat also durch die Schleusen bei St. Mary zu gehen. Für die Jahre 1905 und 1906 ergaben sich bezüglich des Ursprungs folgende Zahlen:

Tabelle X.

	in Bushel 1905	in hl rd. 1905	in Bushel 1906	in hl rd. 1906
Aus Häfen am Oberen See	133 582 076	46 800 000	167 843 588	59 000 000
„ Chikago	79 220 580	27 900 000	72 676 700	25 600 000
„ Millwaukee . . .	24 585 603	8 660 000	25 415 072	8 950 000
„ Toledo	907 500	319 000	620 100	218 000
„ allen anderen Häfen	20 926 350	7 370 000	23 374 154	8 230 000

Als Beispiel sei der Versand an Getreide und einigen anderen landwirtschaftlichen Erzeugnissen aus den vereinigten Häfen Duluth und Superior für das Jahr 1904 angeführt:

Tabelle XI.

Gegenstand	in Bushel	in hl rd.
Gerste, Roggen, Hafer . .	13 502 256	4 750 000
Leinsamen	13 201 145	4 650 000
Weizen	20 067 365	7 040 000
Mehl	3 604 867	1 270 000

Der Fassungsraum sämtlicher Getreidespeicher in Duluth und Superior betrug im Jahre 1900 zusammen 34 375 000 Bushel, davon in Duluth allein 16 500 000 Bushel.

Bei weitem der wichtigste Umschlaghafen am Eriesee ist Buffalo; außer ihm ist von Wichtigkeit nur noch Erie. In ersterer Stadt wurden an Getreide umgeschlagen:

Tabelle XII.

Jahr	1903	1904	1905	1906
in Bushel	196 653 957	131 642 825	172 370 677	182 256 991
in hl rd.	69 000 000	46 500 000	60 600 000	68 800 000

5) 1 Bushel = 8 Gallonen = 35,238 Liter.
1 Barrel [Maß für Mehl] = 4,5 Bushel = 158,57 Liter.

Tabelle XIII.

Jahr	Segelschiffe	Dampfer	Registertonnen zusammen	Fahrgäste	Kohlen in 1000 kg rd.	Eisenerz in 1000 kg rd.	Weizen in hl rd.	Getreide außer Weizen in hl rd.	Mehl in hl rd.	Eisenwaren und Roheisen in 1000 kg rd.	Kupfererze in 1000 kg rd.	Gesamtverkehr in 1000 kg	Tonnenkilometer	Gesamttransportkosten in Mark	Kosten für 1 Tonnenkilometer in Pfg.	Durchschnittliche Beförderungsstrecke für 1 Tonne in km
1899	4776	14 378	21 958 347	49 082	3 548 000	13 800 000	20 700 000	10 550 000	11 300 000	193 000	108 000	22 700 000	30 200 000 000	92 000 000	0,30	1330
1900	4004	14 426	22 315 834	58 555	4 038 000	14 800 000	14 300 000	5 700 000	10 700 000	122 000	117 900	23 100 000	30 600 000 000	104 600 000	0,34	1330
1901	4482	14 372	24 626 976	59 663	4 134 000	16 300 000	18 500 000	8 700 000	12 100 000	185 200	90 000	25 500 000	33 800 000 000	97 400 000	0,29	1310
1902	4368	17 069	31 955 582	59 377	4 331 000	21 900 000	27 000 000	9 750 000	14 100 000	178 000	109 000	32 400 000	43 000 000 000	105 900 000	0,26	1330
1903	3569	14 027	27 736 444	55 175	6 244 000	19 500 000	21 700 000	11 300 000	11 200 000	174 000	100 800	31 200 000	41 800 000 000	116 800 000	0,27	1340
1904	2994	12 188	24 364 138	37 695	5 809 000	17 700 000	17 600 000	11 650 000	7 460 000	206 000	98 300	28 400 000	38 500 000 000	90 800 000	0,23	1350
1905	3263	17 197	36 617 699	54 204	5 858 000	28 200 000	24 200 000	13 800 000	9 150 000	213 000	95 600	39 900 000	53 300 000 000	132 000 000	0,25	1340
1906	2817	18 138	41 098 324	63 033	7 866 000	31 800 000	29 700 000	19 200 000	10 300 000	352 000	96 000	46 600 000	63 000 000 000	154 000 000	0,24	1350

Salz . . . . rd. 650 000 hl
Bausteine . . rd. 25 000 Tonnen
Verschiedenes rd. 700 000 „

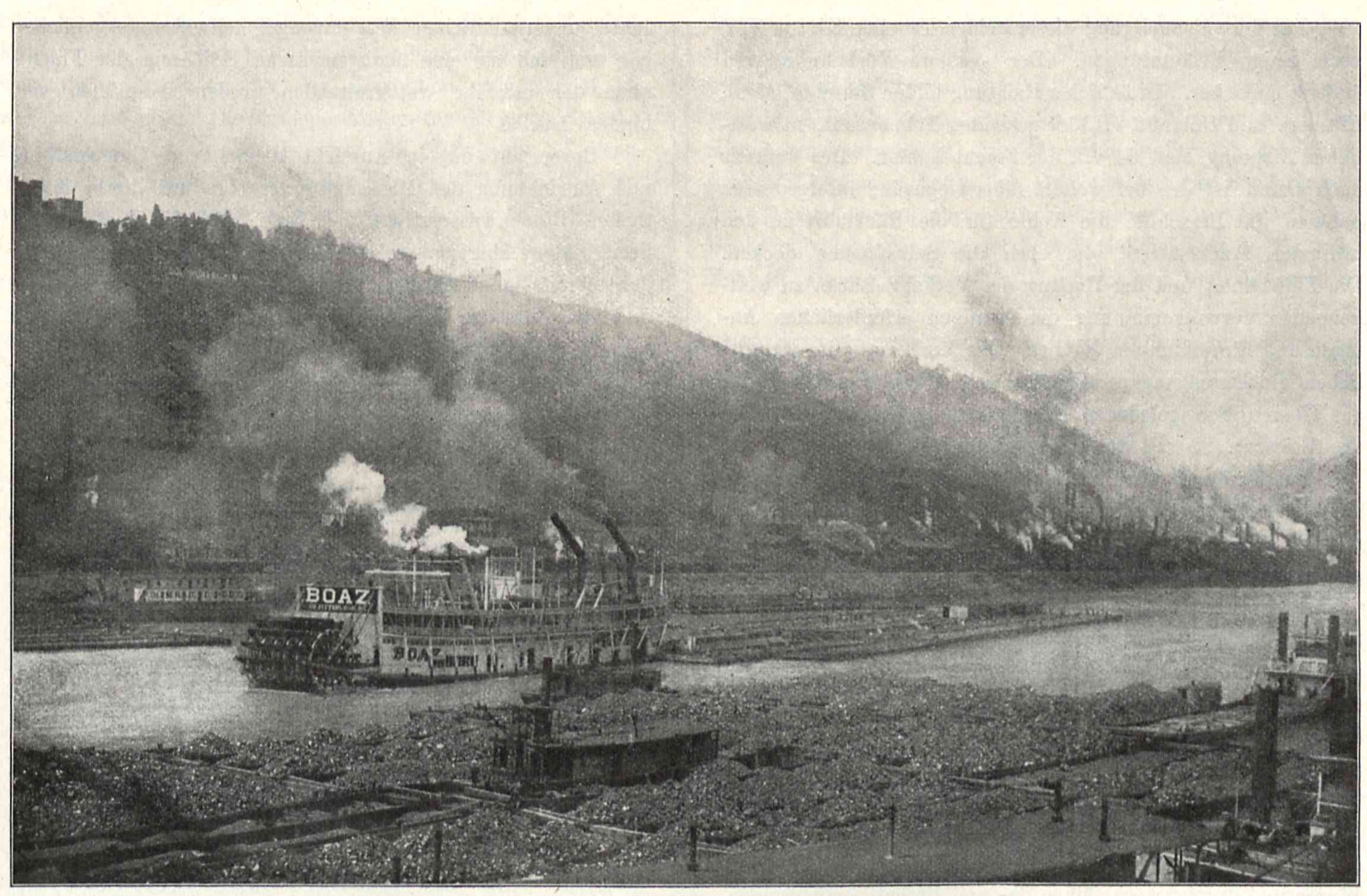


Abb. 10. Kohlentransport durch Flöße auf dem Ohio bei Pittsburg.

In den etwa 30 Lagerhäusern dieser Stadt können 21390000 Bushel Getreide gelagert werden; an einzelnen Tagen werden dort 2000000 Bushel umgeladen. Etwa 65 vH. dieses gesamten umgeschlagenen Getreides geht auf dem Eriekanal bezw. den parallel zu ihm laufenden Eisenbahnen nach der atlantischen Küste (Neuyork); ein anderer beträchtlicher Teil durch den Welland- und St. Lorenzkanal zu den kanadischen Ausfuhrhäfen.

d) Zusammenfassung.

Es würde zu weit führen, noch Einzelangaben über die anderen wichtigeren Erzeugnisse, die den Wasserweg über die Seen benutzen, hier zu machen. Ein Übersichtsbild von der Großartigkeit dieses Massenverkehrs geben die Tabellen XIII und XIV. Sie enthalten die hauptsächlichsten Angaben über den gesamten Schiffsverkehr, der in den Jahren 1894 bis 1906 die Schleusen bei St. Mary durchlaufen hat — und zwar zusammen die beiden Schleusen auf der amerikanischen und die eine auf der kanadischen Seite. Nach angestellten amerikanischen Schätzungen soll dieser Schleusenverkehr nur etwa die Hälfte des gesamten Verkehrs auf den fünf Seen darstellen. Die einzelnen Angaben der Übersicht beruhen auf den amtlichen Feststellungen der mit der Überwachung des Schleusenverkehrs beauftragten Beamten der Bundesregierung.

Tabelle XIV.
Geschätzte Werte aller Frachten in 1000 Mark.

	1899	1900	1901	1902	1903	1904	1905	1906
Anthrazitkohle	20 200	11 400	18 900	8 150	28 000	23 000	23 200	24 500
Weichkohle	34 000	50 000	46 200	61 600	77 000	60 000	64 000	81 000
Mehl	112 000	113 500	104 600	131 000	134 000	109 000	126 500	115 000
Weizen	184 200	119 000	153 000	233 000	207 000	222 000	258 000	283 000
Getreide (außer Weizen) . .	74 500	59 500	96 000	108 000	96 000	97 000	109 000	162 000
Eisenwaren	80 600	48 500	74 100	85 800	77 300	78 000	76 700	125 000
Kupfer	162 000	166 000	111 000	96 300	109 000	111 000	128 000	154 000
Eisenerze	222 900	259 000	248 000	317 000	314 000	218 000	396 000	509 000
Holz	222 100	227 400	292 970	388 600	346 400	415 000	481 900	714 000
	Jährlich: Roheisen rd. 2000 Tausend, Salz rd. 1200 Tausend, Bausteine rd. 1200 Tausend, Verschiedenes 420 000 Tausend Mark							
Zusammen in Mark	1 180 200 000	1 121 400 000	1 218 000 000	1 503 600 000	1 466 500 000	1 409 900 000	1 751 400 000	2 250 000 000

Bemerkung: Die Abnahme des Verkehrs im Jahre 1904 ist auf die späte Eröffnung der Schiffahrt und einen mit diesem Zeitraum zusammenfallenden Streik der Seeleute — „Vessel Masters Association“ — zurückzuführen.

Zur Vervollständigung dieser beiden Tabellen XIII u. XIV noch einige Erläuterungen. Der gesamte Verkehr ist ein äußerst einfacher. In östlicher Richtung bilden Getreide, Mehl, Eisenerz und Holz 98 vH. der gesamten Tonnenzahl, in westlicher Richtung sind 84 vH. der Fracht Kohlen. Der Verkehr nach Osten ist der bei weitem überwiegende; infolgedessen nehmen die Erzschiffe die Kohle für die Rückfahrt zu den billigsten Frachtsätzen, die eben die Selbstkosten decken. Die Einfachheit und der Umfang des Verkehrs haben zu weitgehender Vervollkommnung der wenigen erforderlichen Anlagen und Einrichtungen geführt. Der Verkehr ist im wesentlichen ein Durchgangsverkehr für weite Strecken: 83 vH. der am Oberen See geladenen Erzeugnisse gehen zum Südufer des Eriesees, 95 vH. den umgekehrten Weg.[6])

Bei Prüfung der Tabelle XIII und XIV darf man im weiteren nicht vergessen — wie hier eingeschaltet sei —, daß in einigen der angegebenen Rohstoffe die Eisenbahnen gleich große oder noch größere Massen befördern. Eisenerz wird zwar ausschließlich, Weizen, der aus den nordwestlich des Oberen Sees gelegenen Landstrichen größtenteils stammt, im wesentlichen auf dem Wasserwege befördert. Doch schon für das Mehl wird wegen seiner größeren Empfindlichkeit, sowie für den Roggen, der vorzugsweise aus dem Gebiete südwestlich des Oberen Sees stammt, wegen der Nähe großer wettstreitender Bahnlinien die Eisenbahnfracht oft vorgezogen. Auch die Kohle zieht wegen der Vervollkommnung ihres Bahnverkehrs durch ausschließliche Bereitstellung von 45 Tonnen-Wagen und durch zweckmäßige Be- und Entladevorrichtungen, sowie wegen der Sperrung der Schiffahrtstraße in vier bis fünf Wintermonaten, gerade zur Zeit des größten Kohlenbedarfes, den Landweg vielfach vor.

In wenigen Worten zusammengefaßt ist die jetzige Bedeutung der Wasserstraße der fünf großen Seen in wirtschaftlicher Beziehung: Die großen Seen bilden die Hauptförderung für den Versand der Erzeugnisse des landwirtschaftlichen „Mittleren Westens" nach dem gewerbereichen Osten und für deren Auslandausfuhr. In entgegengesetzter Richtung dienen sie, wenn auch in erheblich geringerem Maße, dem Versand der einheimischen Erzeugnisse des Ostens. Sie sind weiter von wesentlichster, ja von ausschlaggebender Bedeutung für die Eisen- und Kohlenindustrie, deren Größe bekanntlich den Maßstab für die gewerbliche Entwicklung eines Landes bietet. Nur durch das Vorhandensein dieser Wasserverbindung haben diese beiden Industrien Nordamerikas trotz der Entfernungen der Gewinnungsstätten ihrer Hauptrohstoffe — Eisenerze und Kohle — von rd. 1700 km in glänzender, den Weltmarkt stark beeinflussender Weise sich entwickeln können. Ein Landweg statt eines Wasserweges auf diese Entfernung hätte die tatsächlich stattgehabte Entwicklung niemals ermöglichen können. Mittelbar liegt die weitere Bedeutung dieser Wasserstraße darin, daß sie den infolge der ungemeinen gewerblichen Entwicklung der letzten Jahre unvermeidlichen Wagenmangel teilweise ausgeglichen hat und daß sie eine unangemessene Erhöhung der Frachtsätze der mit ihr wettstreitenden großen Bahnlinien verhindert hat.

6) Die für den Kaufmann und den Gewerbetreibenden wichtigsten und zuverlässigsten Notierungen finden sich: Für Kohle im Coal-Trade-Journal, herausgegeben in Duluth-Superior. Für Weizen, Gerste und Hafer im Daily-Commercial-Record, herausgegeben durch Duluth-Board of Trade [Handelskammer]. Für Mehl in den täglichen Notierungen der Tagesblätter von Duluth, Superior und Minneapolis. Für Eisenerze und Roheisen in den wöchentlichen Notierungen von Iron-Trade-Review und von Marine-Review, letzteres herausgegeben durch The Penton Publishing Co. in Cleveland.

Bevor auf die in Aussicht genommene Umgestaltung und Ausdehnung des Massengüterverkehrs auf dieser mächtigsten Binnenwasserstraße der Erde, die die fünf großen Seen bilden, eingegangen sei, sind noch einige Angaben über den bereits angedeuteten bestehenden Kohlenversand nach und von Pittsburg auf dem Wasserwege zu machen.

4. Pittsburgs Kohlenverkehr auf dem Wasserwege.

Dieser am Zusammenflusse des Monongahela und Alleghany gelegene Mittelpunkt der nordamerikanischen Eisen- und Kohlenindustrie empfängt die Kohlen aus den Zechen Pennsylvaniens und West-Virginiens teils mit der Bahn, teils auf dem Wasserwege den Monongahela hinab. Dieser Fluß ist durch eine ursprünglich von Privatbeteiligten vorgenommene, später jedoch für den Betrag von 6,9 Millionen Dollar in den Besitz der Bundesregierung übergegangene, aus 14 Haltungen bestehende Kanalisierung bis nach Fairmont rd. 200 km oberhalb schiffbar gemacht worden. Im Jahre 1904 kamen rd. 7000000 t Kohle auf dem Wasserwege in Pittsburg an; ihre Transportkosten werden zu 3,5 bis 4 Cent für die Tonne angegeben.

Flußaufwärts ist der Versand an Kies und Sand erheblich, er belief sich im Jahre 1904 auf rd. 1700000 t. Der gesamte sonstige Güterverkehr auf dem Monongahela ist in beiden Richtungen äußerst gering; er betrug im Jahre 1904 noch nicht 300000 t.

Die Kanalisierung des Alleghany ist in der Ausführung begriffen und soll noch in diesem Jahre dem Betriebe übergeben werden; hierüber einige Angaben weiterhin (S. 303).

Ein erheblicher Teil der gesamten auf dem Land- und auf dem Wasserwege in Pittsburg zusammenkommenden Kohlen wird auf dem Wasserwege den Ohio, der durch den Zusammenfluß der vorgenannten zwei Flüsse gebildet wird, hinab teils nach Cincinnati und anderen Städten an diesem Flusse, teils aber bis nach New-Orleans gebracht. Großschiffahrt ist auf dem zwar an einzelnen Stellen, aber noch nicht nach einem einheitlichen zusammenhängenden Plan korrigierten Ohio, dessen ganze Länge von Pittsburg bis Kairo fast 1000 engl. Meilen beträgt, jedoch nur während der in den Wintermonaten — meist Dezember bis April — vorhandenen hohen Wasserstände möglich. In den Herbstmonaten werden mächtige Kohlenflöße aus einzelnen möglichst einfach und billig in Holz zusammengeschlagenen Prahmen von je 60 m Länge, 8 m Breite und 3,3 m Tiefgang zusammengestellt; je zwanzig dieser im Querschnitt und Längenschnitt rechteckigen Prahme von je 1000 t Nutzlast bilden ein Floß. Diese Flöße von 20000 t Nutzlast werden bei Eintritt genügend hoher Wasserstände durch flachgehende Hinterraddampfer einzeln nach Louisville, von hier aus zu je zweien bis hinab nach New-Orleans geschleppt. Nach erfolgter Entleerung werden die einzelnen Prahme dieser Flöße nur zum kleinen Teil nach Pittsburg zurückgeschleppt; das Holz von über 70 vH. derselben wird im Ankunftshafen verkauft. Schon heute ist es nach vorstehendem mithin möglich, während drei bis vier Monaten im Jahre auf dieser längsten Binnenwasserstraße der Erde von Pitts-

burg bis New-Orleans Schiffsladungen von 40000 t Nutzlast Kohle rund 3500 km weit zu versenden, ohne daß bisher wesentliche Ausgaben für die Korrektion aufgewendet zu werden brauchten. Die Transportkosten für die ganze Strecke Pittsburg — New-Orleans betragen im Mittel nur 75 Cent, in einzelnen Fällen bis 1 Dollar für die Tonne. Bei besonders günstigen Wasserständen werden auch größere Massen in einer Ladung befördert. Der Dampfer Joseph E. Williams schleppte im Jahre 1905 einmal 52000 t. Der gesamte Kohlenversand von Pittsburg den Ohio hinab belief sich im Jahre 1904 nach:

Cincinnati auf	850000 t
Louisville auf	453000 „
Kairo bezw. den Mississippi hinab auf . .	1148000 „
Zusammen auf	2451000 t.

Verfasser hatte im Oktober 1906 Gelegenheit in Pittsburg zahlreiche dort auf hohes Wasser wartende fertig zusammengestellte Flöße zu sehen; die Text-Abb. 10 und 11 zeigen das um diese Zeit eigenartige Aussehen des Flusses.



Abb. 11. Flöße zum Kohlentransport auf dem Ohio bei Pittsburg.

5. Massengüterverkehr im Westen der Union.

Die im vorstehenden gegebenen Übersichten umfassen neben einem Hinweise auf die Wasserverbindungen nach der atlantischen Küste die beiden mächtigsten Binnenwasserstraßen der bewohnten Erde, das Tal des Mississippi von rd. 4,47 Millionen qkm und das Gebiet der großen Seen — außer Niagarafluß und Ontariosee — mit rd. 228000 qkm Wasserfläche und einschließlich dieser rd. 624000 qkm Niederschlagsgebiet. Doch beide zusammen sind nur Teilgebiete der Vereinigten Staaten. Sie werden im Westen durch die sog. „arid line" begrenzt, die am Golf von Mexiko etwa am 97. Meridian beginnt und an der nördlichen Grenze der Vereinigten Staaten etwa am 102. Meridian endigt. Westlich dieser Linie liegt der etwa 3,37 Millionen qkm umfassende „arid West", der „Trockene Westen", der — außer einem Gebiet von etwa 520000 qkm — gänzlich auf künstliche Bewässerung angewiesen ist. Westlich an diese weiten Gebiete schließt sich der schmale Streifen der pazifischen Küste an. In beiden Gebieten ist die Bewältigung des Massengüterverkehrs auf künstlichen oder natürlichen Großschiffahrtstraßen für jetzt und vielleicht auch für alle Zukunft ausgeschlossen; der Wassermangel und die großen Höhenunterschiede dürften es verbieten. Für den Massengüterverkehr nach und von Europa werden diese weiten Gebiete wohl für alle Zeiten wegen der Kosten, die die großen Entfernungen und das erforderlich werdende mehrfache Umladen bedingen, ausscheiden. Ohne Einfluß auf diesen Massengüterverkehr dürfte auch das seit dem Jahre 1902 seitens der Bundesregierung eingeleitete großartige Unternehmen der planmäßigen und künstlichen Bewässerung weiter Gebiete des „arid West" sein, selbst wenn es durchgreifenden Erfolg haben und so den landwirtschaftlichen Ertrag der Vereinigten Staaten ungemein steigern wird; zunächst sind — wie erwähnt sei — die Pläne für die Bewässerung von 25200 qkm in Ausführung genommen; man hofft schließlich 240000 qkm Ödland in Kulturland durch Bewässerung umzuwandeln.

6. Der Ausbau der bestehenden Binnenwasserstraßen.

a) Neuer Eriekanal.

Die in Aussicht genommenen Verbesserungen und Erweiterungen der bestehenden Großschiffahrts-Binnenwasserstraßen erstrecken sich auf vier Hauptaufgaben.

Zunächst handelt es sich um Herstellung einer neuen Großschiffahrtswasserstraße zwischen dem Eriesee und der atlantischen Küste und zwar auf dem Gebiete der Vereinigten Staaten — nicht Kanadas —. Infolge der gesunkenen Be-

deutung des alten Eriekanals mußte die Stadt Neuyork erkennen, daß sie nicht mehr die unbestrittene Vorherrschaft für die Ausfuhr der Erzeugnisse des „Mittleren Westens“ hatte; sie rückte in dieser Hinsicht mehr und mehr in eine Linie mit Montreal, Boston, Baltimore und anderen großen Städten, deren Bahnverbindungen nach den Umschlaghäfen an den großen Seen gleich günstige sind. Der Staat Neuyork entschloß sich daher im Jahre 1902 auf das tatkräftige Betreiben seines damaligen Gouverneurs, Theodore Roosevelt, hin, des jetzigen Präsidenten der Vereinigten Staaten, annähernd im Zuge des alten Eriekanals einen neuen Großschiffahrtsweg für Schiffe von 1000 t Tragkraft = rd. 11700 hl Weizen sowie einer Wassertiefe von rd. 3,7 m zu bauen; der hierzu bewilligte Betrag beläuft sich auf 101000000 Dollar. Schleppzüge von drei Kähnen sollen bei einer Reisegeschwindigkeit von 5 km für die Stunde bei Tag- und Nachtbetrieb die Strecke Buffalo — Neuyork in etwa $5^1/_4$ Tagen zurücklegen. Die gesamte Leistungsfähigkeit des Kanals wird auf 20000000 t für das Jahr, etwa gleich 30 vH. des jetzigen Frachtverkehrs Neuyorks, geschätzt. Dieser Kanal ist im Bau begriffen.[7])

Um das erforderlich werdende Umladen in Buffalo zu vermeiden, hatte man ursprünglich sogar daran gedacht, einen für die Seenschiffe fahrbaren Kanal von 7 m Wassertiefe zu bauen; hauptsächlich der Kosten und ferner auch der Schwierigkeiten wegen, für den Schnellverkehr auf den Seen und für die langsame Kanalfahrt gleichzeitig passende Schiffsformen zu finden, hat man diese Absicht jedoch bald wieder aufgegeben.

b) Schiffahrtskanal von Pittsburg nach den Ohio-Häfen.

Die zweite Aufgabe betrifft die Herstellung einer Großschiffahrtstraße zwischen dem Eriesee und Pittsburg. Schon im Jahre 1889 bewilligte die Gesetzgebung des Staates Pennsylvania 10000 Dollar zur Aufstellung eines bezüglichen Entwurfs. Nach dem jetzt nach mehrfachen Umarbeitungen als endgültig angenommenen mit einem Kostenanschlage von 33000000 Dollar abschließenden Entwurfe ist ein Scheitelkanal mit 33 Schleusen von einem Punkte am Ohioflusse nahe Pittsburg nach Asthabula am Eriesee, einer Strecke von 196 km vorgesehen.

Der Kanal soll bei einer Wassertiefe von 4,50 m, einer Sohlenbreite von 32,1 m und einer Wasserspiegelbreite von 48 m für Schiffe von 2500 t Tragkraft befahrbar sein. Die Schleusen sind zu 102 m Länge und 13,5 m Breite angegeben. Der Zweck dieses Kanals soll sein, das Umschlagen des Erzes vom Schiff auf die Bahn bezw. umgekehrt der Kohlen, des Roheisens und der Erzeugnisse der Hüttenwerke in den Häfen am Eriesee zu vermeiden. Hierdurch werden nicht nur an sich die Transportkosten herabgemindert werden, auch die Frachtsätze der Eisenbahnen werden entsprechend regelnd beeinflußt werden. Im weiteren hofft man in Pittsburg durch den Bau des Kanals den mehr und mehr zunehmenden Fortzug großer Industrien, insbesondere auch Hüttenwerken, in westlicher Richtung bis an die Ufer des Eriesees — und so in das Gebiet eines anderen Staates, Ohio — zu vermeiden.

7) Siehe auch Zentralblatt der Bauverwaltung Jahrgang 1907, Seite 7 und 508.

c) Schiffahrtskanal im Zuge des Chikago-Entwässerungskanals.

Während diese beiden neu vorgesehenen Großschiffahrtswege im wesentlichen den Verkehr in westöstlicher Richtung betreffen, beziehen sich die beiden folgenden auf denjenigen in nordsüdlicher Richtung.

Der im Januar 1900 eröffnete, von dem südlichen Arm des die Stadt Chikago durchfließenden Chikagoflusses abzweigende Entwässerungskanal des „Sanitary District of Chicago“ dient bekanntlich in erster Linie dem Zwecke, die Abwässer der Stadt Chikago aufzunehmen und sie nach dem Illinoisflusse, einem Nebenflusse des Mississippi, abzuleiten; so werden die Abwässer vom Michigansee und den in ihm unweit der Ufer gelegenen Entnahmestellen der zentralen Wasserversorgung Chikagos ferngehalten.[8]) Dieser 44,8 km lange Kanal, dessen jetzige Wassertiefe mindestens 22″ = oder 6,6 m beträgt und dessen jetzige Wasserspiegelbreite zwischen 48,6 m — auf den in gewachsenem Felsen liegenden Strecken — und 87 m schwankt, ist gleichzeitig als Großschiffahrtskanal gedacht. Die mittlere Abflußgeschwindigkeit ist durch die Bundesregierung aus diesem Grunde auf $1^1/_4$ engl. Meile für die Stunde, gleich 0,55 m f. d. Sekunde festgesetzt. Gleichzeitig hat diese die höchste zulässige Wasserentnahme aus dem Michigansee zwecks Speisung des Kanals und Verdünnung der Abwässer auf 10000 cubicfeet f. d. Sekunde = 283 cbm f. d. Sekunde begrenzt. Nach vollständigem Ausbau soll die Wassertiefe dieses Kanals auf der ganzen Strecke 26′ = rd. 8 m betragen. Die gesamten bisher aufgewendeten Kosten im Betrage von 50 Millionen Dollar verteilen sich auf nachfolgende Hauptposten: rd. 30 Mill. Dollar für den Entwässerungskanal, rd. 4 Millionen Dollar für die Verlängerung, die Turbinen- und elektrische Kraftanlage, ferner rd. 5 Millionen Dollar für Grunderwerb und Entschädigungen, rd. 2 Millionen Dollar für Erweiterung und Vertiefung des Chikagoflusses.

Zurzeit endigt der Kanal noch tot und gibt sein Wasser über ein höchst bemerkenswertes, an seinem rechten Ufer eingebautes bewegliches Wehr, sogenanntes „Movable dam“ an den Desplaines-Fluß ab; so sah ihn Verfasser im November 1906. Im Laufe des Jahres 1907 sollte jedoch seine damals noch in der Ausführung begriffene Verlängerung um etwa 6 km unter Beibehaltung des jetzigen Wasserspiegels fertiggestellt werden; dann wird das Wasser nicht mehr nutzlos verloren gehen, sondern zunächst eine Turbinenlage mit elekrischer Kraftübertragung für 20000 PS, demnächst 40000 PS, deren Ausführung infolge der durch diese Verlängerung gewonnenen nutzbaren Höhe zwischen den Wasserspiegeln des Kanals und des Vorfluters wirtschaftlich wird, durchlaufen.

Demnächst ist beabsichtigt, den Entwässerungskanal durch Einlegung von Schleusen endgültig im Zuge des schiffbaren, aber noch unregulierten Illinoisflusses fortzusetzen und so eine unmittelbare Großschiffahrtsverbindung zwischen der Seen-Wasserstraße, dem Mississippi und dem Golf von Mexiko zu

8) Nähere Angaben hierüber in einem in der „Wochenschrift des Berliner Architektenvereins“ Jahrg. 1907, Nr. 29 vom 20. Juli abgedruckten erweiterten Vortrag des Verfassers betr.: „Städtisches Ingenieurwesen in Nordamerika“, sowie Zentralblatt der Bauverwaltung Jahrg. 1905 S. 564.

schaffen.[9]) Die Länge dieses Kanals von Joliet am Entwässerungskanal bis Grafton an der Mündung des Illinois wird etwa 290 engl. Meilen (464 km) betragen. Die in Aussicht genommenen zwölf Schleusen sollen 24 m Torweite und 192,3 m nutzbare Länge haben. Daneben werden noch Entwürfe für geringere Fahrwassertiefen bearbeitet. Die Entwurfsbearbeitung dieser bedeutsamen wasserwirtschaftlichen Vorlagen erfolgt durch die Bundesregierung.

Dieses Unternehmen darf nicht mit dem alten für den heutigen Verkehr nicht mehr verwendbaren Illinois-Michigan-Kanal[10]) verwechselt werden. Dieser zweigt auch von dem südlichen Arm des Chikagoflusses und zwar unweit des Beginns des Entwässerungskanals ab und verbindet ersteren mit dem Illinoisflusse.

Erwähnt sei hier noch, daß im Jahre 1907 drei weitere besondere Hindernisse des Verkehrs der Seeschiffe auf dem Chikagoflusse beseitigt worden sind. Die Bundesregierung hat die Stadt Chikago veranlaßt, drei unter diesem Flusse hindurchgeführte Straßentunnel, deren Oberkante nur 17 bezw. 18 Fuß (5,1 bezw. 5,4 m) unter dem Flußwasserspiegel lagen, soweit zu senken, daß wenigstens 22 Fuß (6,6 m) Wasser über ihnen vorhanden ist.

d) Regulierung des Mississippi und seiner Nebenflüsse.

Das größte umfassendste wasserwirtschaftliche Unternehmen geht dahin, den Mississippi und seine schiffbaren Nebenflüsse soweit zu regulieren, bezw. zu kanalisieren, daß Schiffe von 2,7 m Tiefgang sie bei allen Wasserständen befahren können. Die Schwankungen in den Wasserständen dieser Flüsse sind ganz außerordentliche. So betragen die Unterschiede zwischen den jährlichen höchsten und niedrigsten Wasserständen des Mississippi in St. Louis acht bis zehn Meter, in Kairo, an der Mündung des Ohio dreizehn und mehr Meter, siehe nachstehende Tabelle.

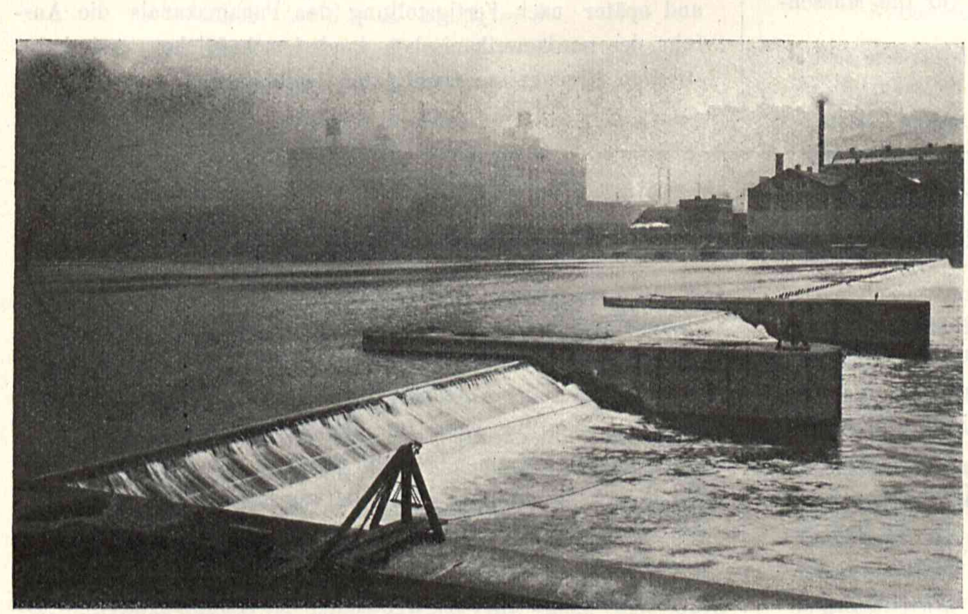


Abb. 12. Bewegliches Wehr im Alleghany bei Pittsburg.

Tabelle XV.
Wasserstände des Mississippi bei Kairo.

Jahr	Höchster Wasserstand am	Höhe in m	Niedrigster Wasserstand am	Höhe in m
1898	6. April	+ 15,08	10. Oktober	+ 2,33
1899	2. April	+ 14,08	16. Oktober	+ 0,91
1900	17. März	+ 11,92	21. September	+ 1,75
1901	1. u. 2. Mai	+ 13,14	28. November	+ 0,87
1902	17. März	+ 13,82	26. September	+ 2,21
1903	16. u. 17. März	+ 15,35	20. Dezember	+ 0,87
1904	5. April	+ 14,92	25. Dezember	+ 0,94
1905	24. Mai	+ 11,72		

Ganz besonders starke Schwankungen zeigt auch der Ohio, vgl. folgende Tabelle.

Tabelle XVI.
Wasserstände des Ohio bei Cincinnati.

Jahr	Höchster Wasserstand am	Höhe in m	Niedrigster Wasserstand am	Höhe in m
1898	28. März	+ 18,59	5. u. 6. Oktober	+ 1,34
1899	8. März	+ 17,48	1. u. 2 November	+ 1,03
1900	30. November	+ 12,18	21. Oktober	+ 0,94
1901	26. u. 27. April	+ 18,10	19. November	+ 1,23
1902	5. März	+ 15,48	24. u. 25. Sept.	+ 1,19
1903	5. März	+ 16,00	7. Oktober u. 11. — 16. Nov.	+ 1,37
1904	9. März	+ 13,95	6. u. 7. Oktober	+ 1,01
1905	13. März	+ 14,70		

Auch die Geschiebeführung dieser Flüsse ist eine außerordentlich große.[11]) Der bereits im Jahre 1879 geschaffene Mississippi-Fluß-Ausschuß hat sich daher wegen der entgegenstehenden technischen Schwierigkeiten und der geringen zur Verfügung gestellten Geldmittel außerstande erklärt, seine Aufgabe, die Schaffung eines Niedrigwasserbettes des Mississippi durch Regulierung und des Hochwasserschutzes der Uferländereien durch Deichanlagen voll durchzuführen. Er begnügt sich heute im wesentlichen damit, durch Baggerungen eine Fahrwasserrinne von 80 m Breite (240 Fuß) und 2,7 m (9 Fuß) Tiefe bei Niedrigwasser aufrechtzuerhalten. Diese so im Mississippi — von der Mündung bis Kairo an der Einmündung des Ohio — erreichte Fahrtiefe bei allen Wasserständen ist jedoch in seinen Nebenflüssen noch nicht vorhanden; am nötigsten ist ihre Schaffung für den Ohio wegen seines starken Kohlenverkehrs flußabwärts. Der erste Schritt hierzu geschieht zurzeit, nachdem man sich entschlossen hat, den Fluß auf einer Strecke von Pittsburg etwa 50 km weit hinab bis Beaver zu kanalisieren. Auf dieser Strecke werden insgesamt sechs Wehranlagen errichtet, die aus einem „beweglichen Damm“ an

9) Vgl. Zentralblatt der Bauverwaltung Jahrg. 1907, S. 650.
10) Vgl. Zentralblatt der Bauverwaltung Jahrg. 1894, S. 190.

11) In der Botschaft des Präsidenten Roosevelt vom 14. März 1907 betreffend die Schaffung der „Inland Waterway Commission“ findet sich hierzu folgende bemerkenswerte Angabe: „Durch die Generäle Humphreys und Abbot war vor einem halben Jahrhundert berechnet worden, daß der Mississippi allein jährlich 400 000 000 Tonnen Sinkstoffe in sein Delta und den Golf von Mexiko führt [den doppelten Betrag des gesamten für den Panamakanal auszuschachtenden Bodens].“

dem einen Ufer, einer einfachen Kammerschleuse von 180 m Länge und 33 m Torweite am anderen Ufer sowie Chanoineschen Klappen in der Mitte bestehen. Noch im Laufe dieses Sommers hofft man, diese kanalisierte Strecke dem Betriebe übergeben zu können.

Die gesamten Kosten zur Schaffung des angegebenen Wasserweges von 2,7 m Fahrtiefe auf dem ganzen Ohio, sowie dem oberen Mississippi und dem Missouri werden zu 155 000 000 Dollar angegeben.

Wie man sich entschlossen hat, mit erheblichen Mitteln den Versand an Kohlen auf dem Wasserwege von Pittsburg aus zu verbessern, so wird man durch die gleichzeitig in Angriff genommene, bereits erwähnte Kanalisierung des Alleghany die längs dieses Flusses gelegenen Kohlenzechen in die Lage setzen, ihre Kohle auch auf dem Wasserwege nach Pittsburg zu schaffen und ihnen so die gleichen Vorzüge der billigen Wasserfracht zu gewähren, die bisher ausschließlich die Zechen an dem — wie bereits angegeben — seit einigen Jahren kanalisierten Monongahela haben. Die Anordnungen der Wehre im Alleghany ist genau gleich derjenigen im Ohio; sie ist aus der Text-Abb. 12 ersichtlich. Im Vordergrund der bewegliche Damm, in der Mitte das Klappenwehr und am jenseitigen Ufer die Schleuse.[12])

Schlußwort.

Nach den mir teils mündlich gemachten, teils aus Zeitschriften und Zeitungen entnommenen Angaben erhofft man, durch den vorstehend kurz geschilderten Ausbau von natürlichen und künstlichen Binnenwasserstraßen für Handel und Gewerbe folgende hauptsächliche günstige Wirkungen: Weitgehende Ermäßigungen der Transportkosten für die Massengüter — Erzeugnisse der Landwirtschaft sowie der Erz- und Kohlengruben — durch Ersetzung der teueren Eisenbahnfrachten durch die billigere Wasserfracht. Diese Verbilligung wird unmittelbar durch die größere Leistungsfähigkeit der Wasserstraße im Vergleich zur Eisenbahn und ferner mittelbar durch den Einfluß, den die Wasserstraße im neuen Wettbewerb zu den Eisenbahnen bietet, erreicht werden. Entlastung der infolge der steigenden industriellen und landwirtschaftlichen Entwicklung der Vereinigten Staaten zur Bewältigung des Güterverkehrs völlig unzureichenden Eisenbahnen von den großen Massen der nach billigen Frachtsätzen beförderten billigen Rohstoffe der Landwirtschaft sowie der Erz- und Kohlengruben. Infolge der Befreiung der Bahnen von diesen Massengütern, schnellere und billigere Beförderung der wertvollen Erzeugnisse der Industrie durch diese.

Im einzelnen wird der Ausbau des neuen Eriekanals hauptsächlich die Ausfuhr von Getreide nach Europa günstig beeinflussen; ob dieser Ausbau vielleicht auch für die deutsche Eisenindustrie einmal wegen der wachsenden Schwierigkeiten der Beschaffung der von ihr benötigten Erze aus den bisherigen Bezirken und anderseits wegen der Verbilligung der Transportkosten von Buffalo bis Neuyork von Einfluß sein wird, bleibt abzuwarten. Der Ausbau des Großschiffahrtsweges zwischen Pittsburg und den Ohio-Häfen wird verbilligend auf die Erstehungskosten der Erzeugnisse der Hüttenwerke einwirken und hierdurch ihre Ausfuhrfähigkeit steigern. Die in nordsüdlicher Richtung vorgesehenen zwei weiteren neuen Wasserverbindungen werden für den Verkehr nach Europa wohl weniger in Frage kommen; sie werden einmal dem einheimischen Massengüterverkehr zugute kommen und später nach Fertigstellung des Panamakanals die Ausfuhr der nordamerikanischen landwirtschaftlichen und industriellen Erzeugnisse nach Asien begünstigen.

12) Über die Bauart dieses beweglichen Dammes siehe Zentralblatt der Bauverwaltung Jahrg. 1907, S. 672.

Beitrag zur kinematischen Berechnung räumlicher Fachwerke.

Ein räumliches Fachwerk von k Knotenpunkten, dessen Stützenwiderstände durch Auflagerstäbe ersetzt sind, ist statisch bestimmt und stabil, wenn es $3\,k$ Stäbe enthält und die Nennerdeterminante der linearen Gleichgewichtsbedingungen $\gtrless 0$ ist. Beseitigt man an einem solchen Fachwerk einen Stab, so geht es in eine zwangläufige Kette über. Die $3\,k$ Verschiebungen der Knotenpunkte δ_x, δ_y, δ_z sind bestimmt durch $3\,k-1$ Gleichungen von der Form:

$$(\delta x_m - \delta x_n)\cos\alpha_{mn} + (\delta y_m - \delta y_n)\cos\beta_{mn} + (\delta z_m - \delta z_n)\cos\gamma_{mn} = 0$$

und durch eine willkürliche Annahme. α_{mn}, β_{mn}, γ_{mn} sind die Neigungswinkel des Stabes $m\,n$ gegen die X, Y, Z-Achse.

Beseitigt man ohne Fortfall eines Knotenpunktes weitere n Stäbe und fügt r Stäbe mit k_1 Knotenpunkten wieder hinzu, so entsteht eine neue zwangläufige Kette, wenn $r = n + 3\,k_1$ ist und die r neuen Verschiebungsbedingungen nicht mit einer der bestehenden $3\,k - 1 - n$ Bedingungen übereinstimmen. Bilden die k_1 hinzugefügten Knotenpunkte für sich eine zwangläufige Kette, so besteht diese aus $3\,k_1 - 1$ Stäben, die Knotenpunkte der ursprünglichen Kette müssen also an die hinzugefügte Kette durch $n + 1$ Stäbe angeschlossen werden, wenn das so gebildete Fachwerk zwangläufig sein soll.

Soll nun der Verschiebungszustand der neuen Kette mit dem der ursprünglichen für die gemeinschaftlichen Knotenpunkte übereinstimmen, so muß jede Bedingung der beseitigten Stäbe auch für die neue Kette Geltung haben, die Gleichungen der beseitigten Stäbe müssen also in den Gleichungen der neuen Kette enthalten sein. Die δ_x, δ_y, δ_z sind unabhängige Veränderliche der $3\,(k + k_1) - 1$ Bedingungsgleichungen der neuen Kette, ihre Anzahl ist $3\,(k + k_1)$. Soll außerdem die Gleichung des beseitigten Stabes $o\,p$ gültig sein, so sind $3\,(k + k_1)$ Gleichungen für ebenso viele Unbekannte gegeben. Die Auflösung der Gleichungen muß jedoch für jede Unbekannte einen unbestimmten Wert ergeben, da eine Gleichung in den anderen enthalten sein soll. Die $3\,(k + k_1)$ Gleichungen werden nun in allgemeiner Form durch Multiplikation jeder einzelnen mit einem Multiplikator und Addition aller Gleichungen aufgelöst. Die Multiplikatoren sind zunächst unbestimmte Zahlen. Da jedoch jede Gleichung einen Multiplikator erhält, können sie gleichmäßig auch als Spannkräfte

von unbestimmter Größe aufgefaßt werden. Da ferner jede Gleichung einem Stabe zugehört, kann ihr Multiplikator als eine Spannkraft gedeutet werden, welche in dem fraglichen Stabe angenommen wird. Der Multiplikator der Gleichung des beseitigten Stabes sei mit Z, die der übrigen Gleichungen seien mit S bezeichnet. Man erhält somit die Gleichung:

$$\Sigma S \cdot [(\delta x_m - \delta x_n) \cos \alpha_{mn} + (\delta y_m - \delta y_n) \cos \beta_{mn} + (\delta z_m - \delta z_n) \cos \gamma_{mn}] + Z[(\delta x_o - \delta x_p) \cos \alpha_{op} + (\delta y_o - \delta y_p) \cos \beta_{op} + (\delta z_o - \delta z_p) \cos \gamma_{op}] = 0$$

In dieser Gleichung erstreckt sich das Summenzeichen über sämtliche Stäbe der neuen Kette. Werden nun die Unbekannten ausgesondert und wird dabei berücksichtigt, daß $\cos \alpha_{mn} = -\cos \alpha_{nm}$ ist, daß also bei Berücksichtigung des Vorzeichens an Stelle des Neigungswinkels des Stabes $m-n$ derjenige der von Knotenpunkt m bezw. n ausgehenden Stabrichtung gesetzt werden kann, so geht die Gleichung über in

$$\Sigma \delta x_m \cdot \Sigma_m S \cdot \cos\alpha + \Sigma \delta y_m \cdot \Sigma_m S \cdot \cos\beta + \Sigma \delta z_m \cdot \Sigma_m S \cdot \cos\gamma + \delta x_o (\Sigma_o S \cdot \cos\alpha + Z \cdot \cos\alpha_z) + \delta y_o (\Sigma_o S \cdot \cos\beta + Z \cdot \cos\beta_z) + \delta z_o (\Sigma_o S \cdot \cos\gamma + Z \cdot \cos\gamma_z) + \delta x_p (\Sigma_p S \cdot \cos\alpha + Z \cdot \cos\alpha_z) + \delta y_p (\Sigma_p S \cdot \cos\beta + Z \cdot \cos\beta_z) + \delta z_p (\Sigma_p S \cdot \cos\gamma + Z \cdot \cos\gamma_z) = 0.$$

Hierin erstreckt sich das Summenzeichen der ersten drei Glieder über alle Knotenpunkte außer o und p, das hinter den δx_m, δy_m, δz_m stehende Summenzeichen über alle an dem Knotenpunkt m angreifenden Stäbe.[1]) Damit die Gleichung für jeden Wert der unabhängigen Veränderlichen δx, δy, δz erfüllt wird, müssen die Koeffizienten einzeln zu Null werden. Es folgt also:

$$\Sigma_o S \cdot \cos\alpha + Z \cdot \cos\alpha_z = 0$$
$$\Sigma_o S \cdot \cos\beta + Z \cdot \cos\beta_z = 0$$
$$\Sigma_o S \cdot \cos\gamma + Z \cdot \cos\gamma_z = 0$$
$$\Sigma_p S \cdot \cos\alpha + Z \cdot \cos\alpha_z = 0$$
$$\Sigma_p S \cdot \cos\beta + Z \cdot \cos\beta_z = 0$$
$$\Sigma_p S \cdot \cos\gamma + Z \cdot \cos\gamma_z = 0$$
$$\Sigma_m S \cdot \cos\alpha = 0$$
$$\Sigma_m S \cdot \cos\beta = 0$$
$$\Sigma_m S \cdot \cos\gamma = 0.$$

Das sind die allgemeinen Gleichgewichtsbedingungen für den Fall einer Belastung des Fachwerkes durch eine Kraft Z, welche an Stelle des beseitigten Stabes $o-p$ angreift. Der Beweis gilt für jeden der n beseitigten Stäbe, somit ergeben sich n Gleichgewichtsbedingungen, denen die neugebildete Kette genügen muß, wenn ihre Verschiebungsbedingungen mit jeder der n Verschiebungsbedingungen der beseitigten Stäbe übereinstimmen sollen.

Umgekehrt sei vorausgesetzt: Es befindet sich die neue zwangläufige Kette im Gleichgewicht für jeden Fall einer Belastung durch eine an Stelle eines beseitigten Stabes angreifende Kraft Z, dann gilt nach dem Gesetz von den virtuellen Verrückungen:

$$Z(\delta x_o \cdot \cos\alpha_z + \delta y_o \cdot \cos\beta_z + \delta z_o \cdot \cos\gamma_z + \delta x_p \cdot \cos\alpha_z + \delta y_p \cdot \cos\beta_z + \delta z_p \cdot \cos\gamma_z) = \Sigma S \cdot \triangle s.$$

1) Vorstehende Umformung der Verschiebungsbedingungen ist mit unwesentlichen, dem abweichenden Zweck entsprechenden Änderungen Müller-Breslau, Graphische Statik Band II Seite 9 entnommen. Verfasser hielt ihre Wiedergabe jedoch für unentbehrlich zum Verständnis des hier zu führenden Beweises

Da die Stäbe als starr betrachtet werden, wird

$$\Sigma S \cdot \triangle s = 0, \text{ also}$$
$$(\delta x_o - \delta x_p) \cdot \cos\alpha_{op} + (\delta y_o - \delta y_p) \cos\beta_{op} + (\delta z_o - \delta z_p) \cos\gamma_{op} = 0.$$

Das ist die Verschiebungsbedingung des Stabes $o-p$. Die Gültigkeit der Gleichung setzt endliche Werte S voraus, ist ein Wert $S = \infty$, so ist $\Sigma S \cdot \triangle s$ unbestimmt für $\triangle s = 0$. In diesem Falle wird die linke Seite auch unbestimmt, die Kette ist nicht mehr zwangläufig. Das gleiche gilt für jeden beseitigten Stab. Die $3(k + k_1) - 1$ Bedingungsgleichungen enthalten also die Bedingungsgleichungen der beseitigten Stäbe, sie enthalten ferner alle Verschiebungsbedingungen der nicht beseitigten Stäbe. Mithin bleibt der Verschiebungszustand der Knotenpunkte der ursprünglichen Kette unverändert.

Es kann also allgemein das Gesetz aufgestellt werden:

Werden an einer zwangläufigen kinematischen Kette von k Knotenpunkten n Stäbe beseitigt und wird durch Hinzufügung von r Stäben mit k_1 neuen Knotenpunkten die Zwangläufigkeit wieder hergestellt, so gilt:

1. Bleibt hierbei der ursprüngliche Verschiebungszustand der k Knotenpunkte ungeändert, so ist die neue Kette im Gleichgewicht für jede Belastung durch eine Kraft Z, welche an Stelle eines beseitigten Stabes angebracht wird. Alle durch Z hervorgerufenen Spannkräfte haben endliche Werte.
2. Ist dann die neue Kette im Gleichgewicht für jede Belastung durch eine Kraft Z, welche an Stelle eines beseitigten Stabes angebracht wird, und bleiben alle durch Z hervorgerufenen Spannkräfte endlich, so wird an dem ursprünglichen Verschiebungszustand der k Knotenpunkte nichts geändert.

Von diesem Satz kann mit Vorteil in einer Reihe solcher Fälle Gebrauch gemacht werden, in welchen das von Müller-Breslau angegebene kinematische Verfahren mit Hilfe der Ersatzstäbe zur Berechnung räumlicher Fachwerke benutzt wird. Der Satz gibt nämlich die Möglichkeit, auch in nicht ganz einfachen Fällen Verschiebungspläne räumlicher Fachwerke ohne Zwischenrechnung zu zeichnen. Erfordert die Genauigkeit eine rechnerische Bestimmung einzelner Hilfswerte, so ist auch dies mit Hilfe von Determinanten leicht möglich.

Die Ermittlung der zu beseitigenden n Stäbe wird nach den von Müller-Breslau für das Ersatzstabverfahren gegebenen Regeln durchgeführt. Da außerdem der zu berechnende Stab entfernt ist, hat das Fachwerk nunmehr $n + 1$ Bewegungsfreiheiten. Es wird durch Kräfte Z belastet, welche an den Knotenpunkten der beseitigten n Stäbe in deren Richtung angreifen; für jede dieser Belastungen wird ein Kräfteplan gezeichnet und dabei an jedem Knotenpunkt, an welchem weniger als drei unbekannte Stäbe angreifen, ein Ersatzstab angebracht, über dessen Richtung vorläufig noch keine Bestimmung getroffen wird. Solche Knotenpunkte seien in folgendem als bewegliche Knotenpunkte bezeichnet, und zwar als einfach bezw. zweifach beweglich, wenn zwei bezw. ein unbekannter Stab vorhanden ist. Die Durchführung der Kräftepläne bis zu den Auflagerstäben ergibt die Zahl der beweglichen Knotenpunkte und damit die Zahl der zur Erzielung des Gleichgewichtszustandes erforderlichen Ersatzstäbe. Sind im ganzen n bewegliche Knotenpunkte vorhanden, so ist

einer derselben zweifach, die übrigen $n-1$ dagegen einfach beweglich. Wird jeder bewegliche Knotenpunkt durch 1 Ersatzstab an einen festen Punkt angeschlossen, so verbleibt dem Fachwerk noch 1 Bewegungsfreiheit. Die Richtung der Ersatzstäbe ist so zu wählen, daß für jede der n Belastungen Z Gleichgewicht vorhanden ist. Die Richtung jedes Stabes ist die Funktion zweier Veränderlichen, es sind also n Bedingungen für $2\,n$ Unbekannte gegeben. Letztere können mithin zum Teil beliebig gewählt werden. Sind die Lagen aller Ersatzstäbe bestimmt, so sind mindestens zwei durch einen einzelnen Stab oder ein starres Stabsystem verbundene Knotenpunkte vorhanden, welche durch je zwei Stäbe an feste Punkte angeschlossen sind. Es kann dann in der entgegengesetzten Reihenfolge, wie bei den Kräfteplänen, der Verschiebungsplan durch Anschluß jedes Punktes an drei bekannte andere Punkte dargestellt werden.

Abb. 1.

Abb. 2.

In den meisten Fällen ergeben sich jedoch $n+1$ einfach bewegliche Knotenpunkte. Die $n+1$ erforderlichen Ersatzstäbe können dann nicht mehr an feste Punkte angeschlossen werden, da dadurch die vorhandenen $n+1$ Bewegungsfreiheiten vernichtet würden. In diesem Falle ist eine zwangläufige Ersatzkette erforderlich, deren Knotenpunkte mit den beweglichen Knotenpunkten des zu untersuchenden Fachwerkes durch $n+1$ Stäbe verbunden werden. Die Richtung dieser Verbindungsstäbe kann willkürlich gewählt werden, sie sollen in folgendem der Einfachheit halber A-Stäbe genannt werden. Die n Belastungen Z ergeben n Gruppen von Spannkräften in den A-Stäben, das sind n Gleichgewichtsbedingungen für die Ersatzkette. Diese ist außer der Forderung endlicher Spannkräfte keinen weiteren Beschränkungen unterworfen; man kann daher immer eine zwangläufige Kette einfachster Art wählen, bei welcher nach einer willkürlichen Annahme die Verschiebung jedes folgenden Punktes von drei Punkten mit bekannten Verschiebungen aus zu ermitteln ist. Dieser Bedingung genügt am besten eine Kette von $n+1$ in einer Ebene liegenden Knotenpunkten, welche unter sich durch n Stäbe, ferner durch je einen Stab in derselben Ebene und durch je einen Stab senkrecht zur Ebene mit festen Punkten verbunden sind. Letztere bewirken die Führung der Kette in der Ebene. Die Lage der Knotenpunkte und die Richtung eines Stabes ist willkürlich, die übrigen n in der Kettenebene liegenden Stäbe sind durch die n Gleichgewichtsbedingungen bestimmt. Fallen die beweglichen Knotenpunkte nicht in die Ebene der Ersatzkette, so sind die erhaltenen Spannkräfte A in ihre Projektionen parallel und senkrecht zur Ebene zu zerlegen, letztere haben auf die gesuchten Stabrichtungen keinen Einfluß. Somit ist der schwierigste Teil der Aufgabe auf die Lösung einer ebenen Gleichgewichtsaufgabe zurückgeführt, nach ihrer Erledigung sind die Verschiebungen jedes außerhalb der Ebene liegenden Punktes durch Anschluß an drei Punkte mit bekannten Verschiebungen bestimmt.

Müller-Breslau hat bei seinem Ersatzstabverfahren für die zu entfernenden Stäbe des untersuchten Fachwerkes die Bezeichnung Z-Stäbe und für die Ersatzstäbe die Bezeichnung Y-Stäbe eingeführt. Letztere Bezeichnung wird bei dem beschriebenen Verfahren sinngemäß auf die durch die Gleichgewichtsbedingungen zu bestimmenden Stäbe einschließlich des willkürlich zu wählenden beschränkt. Das beschriebene Verfahren kann natürlich auch bei ebenen Fachwerken Anwendung finden, vielleicht bietet es in dem einen oder anderen Falle Vorteile. Nachstehend sei an einigen Beispielen die Anwendung auf die Berechnung räumlicher Fachwerke gezeigt.

1. Starrer Körper gestützt durch sechs in allgemeiner Lage befindliche Stäbe.

Abb. 1 zeigt den Grundriß, Abb. 2 den Aufriß, die festen Auflagerpunkte sind durch ein Kreuzchen, die gestützten Punkte durch einen Querstrich bezeichnet. Ein Auflagerstab wird beseitigt, die übrig bleibenden fünf bedingen einen zwangläufigen Verschiebungszustand des Körpers. Dieser ermöglicht mit Hilfe des Gesetzes von den virtuellen Verrückungen die Berechnung der Spannkraft in dem beseitigten Stab. Durch die drei gestützten Punkte a, b, c wird eine Ebene gelegt und als Grundrißebene gewählt. Die Stäbe *4*, *5*, *6* werden bis zum Schnitt mit der Grundrißebene in d, e, f verlängert. In diesen Punkten wird senkrecht zu den Grundrissen der Stäbe die gleiche Strecke $h = a - a''$, $b - b''$, $c - c''$, $d - d''$, $e - e''$, $f - f''$ aufgetragen. Die Dreiecke $a\,a'\,a''$, $b\,b'\,b''$ usw. stellen dann in die Grundrißebene gedrehte Aufrisse der Stäbe auf die Stabebenen, die Hypotenusen $a'' - a'$, $b'' - b'$ usw. die Stablängen dar. Der Sinn der

Drehung ist vom gestützten Punkt zum Auflagerpunkt gesehen nach rechts angenommen. Es sei der Verschiebungsplan für die Stäbe *1*, *2*, *3*, *4*, *5* dargestellt.

Die Stäbe *4* und *5* werden beseitigt und dafür in Punkt a und b zwei Ersatzstäbe angebracht. Ihre Richtung wird durch die Bedingung gefunden, daß der Körper sich im Gleichgewicht befindet, wenn er im Angriffspunkte und der Richtung des Stabes *4* durch eine Kraft Z_4 und ebenso wenn er im Angriffspunkt des Stabes *5* durch eine Kraft Z_5 belastet wird. Die Richtung eines Stabes ist bestimmt durch zwei unabhängige Veränderliche. Im vorliegenden Falle sind zwei Bedingungen für vier Unbekannte gegeben, zwei Unbekannte sind also willkürlich. Indessen kann für jeden Stab nur eine Unbekannte willkürlich gewählt werden, da andernfalls nur eine unendlich große Spannkraft in dem zweiten Ersatzstab beiden Gleichgewichtsbedingungen genügen würde. Daher lassen sich in der Grundrißebene zwei Ersatzstäbe finden, welche den obigen Gleichgewichtsbedingungen genügen. Die Last Z_4 ist bis zum Schnitt mit der Grundrißebene in d verschoben und hier senkrecht zur Ebene in Z_4'' und parallel zu dieser in Z_4' zerlegt. Ebenso sind S_1, S_2, S_3 in S_1'', S_2'', S_3'' und S_1', S_2', S_3' zerlegt. Es wirken dann: 1) senkrecht zur Ebene die Last Z_4'' und die Stabkräfte S_1'', S_2'', S_3'', 2) in der Ebene die Last Z_4' und die Stabkräfte S_1', S_2', S_3', Y_1, Y_2.

Aus Z_4'' wird vermittels zweier Seilpolygone S_1'', S_2'', S_3'' bestimmt. Zu diesem Zweck werden die Kräfte in die Grundrißebene gedreht. Vermittels der Aufrißdreiecke werden sodann durch

$$a_4''a = S_1'' \text{ und } a_4''\,a_4' \parallel a''\,a'$$
$$b\;\,b_4'' = S_2'' \text{ und } b_4''\,b_4' \parallel b''\,b'$$
$$c\;\,c_4'' = S_3'' \text{ und } c_4''\,c_4' \parallel c''\,c'$$
$$S_1' = a_4'\,a$$
$$S_2' = b\;\,b_4'$$
$$S_3' = c\;\,c_4'$$

bestimmt und mit Hilfe eines dritten Seilpolygones mit Z_4' zu einer Resultante R_4 zusammengesetzt. Damit Gleichgewicht für Z_4 besteht, müssen sich Y_1 und Y_2 auf R_4 schneiden. In derselben Weise wird R_5 bestimmt und in dem Schnittpunkt VI von R_4 und R_5 derjenige von Y_1 und Y_2 gefunden. In der Abbildung sind nur die drei Seilpolygone für Z_6 gezeichnet, für Z_4 und Z_5 sind nur die Seilstrahlen eingetragen, welche die Größen S'' abschneiden, alle andern Hilfslinien sind fortgelassen, um die Deutlichkeit der Abbildung nicht zu beeinträchtigen. Da nur zwei Y-Stäbe erforderlich sind, welche durch den Punkt VI eindeutig bestimmt sind, können sie unmittelbar an feste Punkte angeschlossen werden. Punkt a und b sind dann durch zwei Stäbe mit festen Punkten und durch einen Stab unter sich verbunden, Punkt c ist durch zwei Stäbe mit a und b und durch einen dritten Stab mit einem festen Punkt verbunden. Jeder andere Punkt des starren Körpers ist mit a, b, c durch drei Stäbe verbunden — oder kann so verbunden gedacht werden. Es leuchtet ein, daß man mit a oder b beginnend nun einen Verschiebungsplan für alle Punkte des starren Körpers zeichnen kann. Zweckmäßiger ist jedoch eine andere Darstellung des Verschiebungszustandes eines starren Körpers. Eine verschwindend kleine Bewegung des starren Körpers läßt sich bekanntlich auffassen als Drehung um zwei einander rechtwinklig kreuzende Achsen. Für jede Ebene ergibt eine bestimmte Bewegung ein Achsenpaar, eine Achse senkrecht zur Ebene und eine zweite Achse in der Ebene.

Die Projektionen der Verschiebungen der Punkte des Körpers auf die Grundrißebene seien mit δ', diejenigen senkrecht zur Grundrißebene mit δ'' bezeichnet. δ_a und δ_b müssen in Ebenen liegen, welche senkrecht zu Y_1 und Y_2 sind, mithin ist

$$\delta_a' \perp Y_1 \text{ und } \delta_b' \perp Y_2.$$

δ_c' ist bestimmt durch die in der Grundrißebene liegenden Stäbe $a - c$ und $b - c$, also unabhängig von Stab *3*, ebenso ist für jeden anderen Punkt des Körpers, welcher der Grundrißebene angehört δ' bestimmt. Die δ' aller dieser Punkte verhalten sich daher wie die δ einer ebenen Scheibe. Der Schnittpunkt VI von Y_1 und Y_2 ist also der Drehpol der ebenen Scheibe und die durch ihn gehende Senkrechte zur Ebene eine Drehachse des Körpers für den gesuchten Verschiebungszustand.

Die Achse in der Grundrißebene wird dann wie folgt ermittelt. Es werden von Pol VI die Lote

$$VI\,g \text{ auf } a\,a'$$
$$VI\,h \text{ auf } b\,b''$$
$$VI\;i \text{ auf } c\;c''$$

gefällt und $g\,g' \parallel a''\,a', h\,h' \parallel b''\,b', i\,i' \parallel c''\,c'$ gezogen, dann ist, wenn $\delta_a' = VI\,a$ angenommen wird,

$$\delta_a'' = a\,g'$$
$$\delta_b'' = b\,h'$$
$$\delta_c'' = c\;i'.$$

Liegt der Pol zu ungünstig, so ziehe man auf den Polstrahlen nach a, b und c eine ähnliche Figur zu $a - b - c$ und fälle die Lote von den Eckpunkten derselben. Liegen g', h', i' mit a', b', c' auf derselben Seite von a, b, c, so ist unter der Annahme einer rechts drehenden Bewegung um Achse VI der Sinn der δ'' nach oben gerichtet. δ_a'' ist daher aufwärts, δ_b'' und δ_c'' abwärts gerichtet. Es ist leicht ersichtlich, daß die beschriebene Darstellung der δ'' aus den δ' nichts anderes ist als eine etwas abgeänderte und hier geeignete Form der gewöhnlichen Lösung der vorliegenden elementaren Aufgabe. Sodann wird auf Parallelen zu $a\,g'$ durch b und c, $b\,h'' = \delta_b''$ und $c\,i = \delta_c''$ dem Sinn der Verschiebung entsprechend, nach der entgegengesetzten Seite wie $a\,g'$ aufgetragen, und $g'\,h''$, $g'\,i''$, $h''\,i''$ gezogen. Die Schnittpunkte dieser Geraden mit $a - b$, $a - c$, $b - c$ liegen auf einer geraden Linie, welche die gesuchte zweite Achse ist. Der Beweis ergibt sich ohne weiteres aus einfachen Proportionen.

Die Verschiebungen jedes beliebigen Punktes des Körpers sind nun mit Hilfe der beiden gefundenen Achsen leicht anzugeben. Damit ist auch der Einfluß einer an dem Körper angreifenden Last auf die gesuchte Stabkraft S_6 nach dem Gesetz von den virtuellen Verrückungen bestimmt. Handelt es sich z. B. um einen Punkt m der Grundrißebene, so ziehe man $m\,VI$, sodann $a\,m$ bis zum Schnitt mit der Achse II in n, ferner $n\,g'$ und schließlich $m\,m'' \parallel a\,g'$ dann ist

$$\delta_m' = VI\,m$$
$$\delta_m'' = m\,m''$$

entsprechend $\delta_a' = VI\,a.$

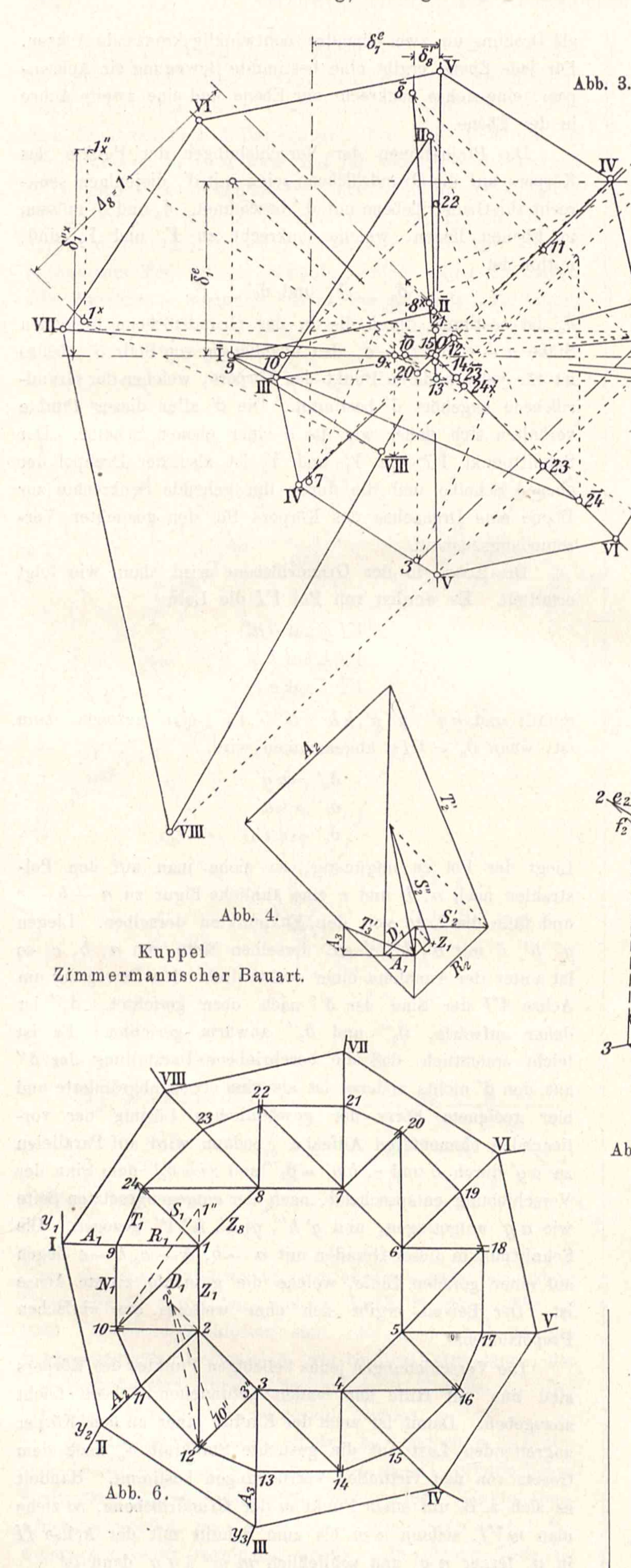


Abb. 3.

Abb. 4.

Kuppel Zimmermannscher Bauart.

Abb. 6.

Für Punkte außerhalb der Ebene im lotrechten Abstand z kommt zu den beiden Komponenten der Projektion des Punktes auf die Grundrißebene noch eine Komponente senkrecht zur Achse II und parallel zur Grundrißebene hinzu. Ihre Größe beträgt

$$\frac{z \cdot \delta_a''}{r},$$

wenn r das Lot von a auf die Achse II bezeichnet. Nach Lösung der Aufgabe für Stab 6 gestaltet sie sich für 4 und 5 wesentlich einfacher, da R_6 sofort die beiden Achsen IV und V bestimmt. Die zugehörigen Achsen in den Grundrißebenen werden wie oben gezeigt gefunden.

2. Kuppel Zimmermannscher Bauart mit achteckigem oberen Ring.

(Abb. 6.)

Der Einfachheit halber ist ein regelmäßiges Achteck von gleicher Seitenlänge angenommen; das nachstehend angegebene Verfahren ist aber genau ebenso bei unregelmäßiger Form und anderer Seitenzahl anwendbar. Alle 16 Knotenpunkte des unteren Ringes sind durch senkrechte Auflagerstäbe gestützt, die acht Knotenpunkte

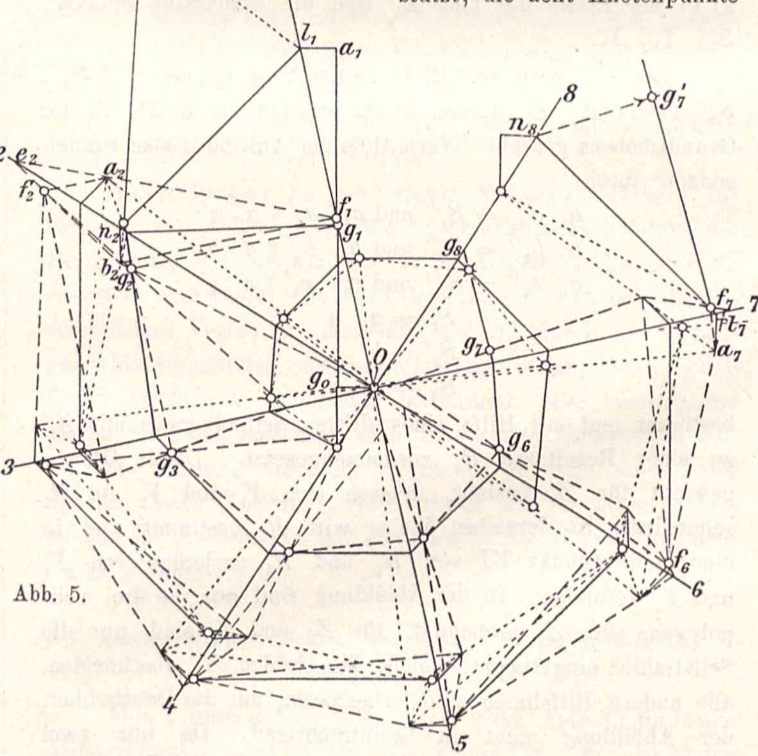


Abb. 5.

mit geraden Ordnungszahlen sind außerdem senkrecht zur Richtung eines angrenzenden Stabes geführt. Die Führung kann durch einen senkrecht zu ihrer Richtung angeordneten Stab ersetzt werden.

Die mit Z_1 bis Z_8 bezeichneten Stäbe des oberen Ringes werden beseitigt. Für Z_8 soll der Verschiebungsplan dargestellt werden. Dazu wird zunächst der Kräfteplan für Z_1 gezeichnet (Abb. 4). Als beweglich ergeben sich die Knotenpunkte *24*, *10*, *12* usw. oder *9*, *11*, *13* usw. Das Fachwerk kann daher nicht unmittelbar an feste Punkte angeschlossen werden, sondern es muß durch acht Stäbe mit einer zwangläufigen Kette verbunden werden. Die A-Stäbe werden in den Punkten *9*, *11*, *13*, *15*, *17*, *19*, *21*, *23* in der

Ebene des unteren Ringes und in der Verlängerung der Projektion der anstoßenden Rippenstäbe liegend angeordnet. Da die Kuppel symmetrisch ist, sind ihre Spannkräfte durch den Kräfteplan Abb. 4 bestimmt. Dieser kann mit Ausnahme des Punktes *2* auf die Grundrißebene beschränkt bleiben. Bei Punkt *2* wird durch den in die Stabrichtung R_2 fallenden Aufriß $3''-10''-12''-2''$ S_2'' und daraus S_2' bestimmt. Es ergeben sich nachstehende Gruppen von Kräften

für Z_1		die Werte	A_1^1, A_2^1, A_3^1
„ Z_2	„	„	A_2^2, A_3^2, A_4^2
„ Z_3	„	„	A_3^3, A_4^3, A_5^3
„ Z_4	„	„	A_4^4, A_5^4, A_6^4
„ Z_5	„	„	A_5^5, A_6^5, A_7^5
„ Z_6	„	„	A_6^6, A_7^6, A_8^6
„ Z_7	„	„	A_7^7, A_8^7, A_1^7

Die notwendige Ersatzkette muß also für sieben Belastungsgruppen im Gleichgewicht sein. Gewählt wird eine Kette bestehend aus den sieben Ringstäben *I—II*, *II—III*, *III—IV*, *IV—V*, *V—VI*, *VI—VII*, *VII—VIII* und zwei Auflagerstäben an jedem Knotenpunkt, von welchen einer in der Ebene der Kette, der zweite senkrecht zu dieser liegt. Die senkrechten Stäbe bedingen die ebene Führung der Kette, die in ihrer Ebene gelegenen sind die Y-Stäbe, welche den sieben Gleichgewichtsbedingungen genügen müssen. Ihre Zahl ist acht, die Richtung eines Y-Stabes ist also willkürlich.

Es werden, wie in Abb. 5 gezeichnet, acht Seilstrahlen von einem Pol O aus parallel zu den sieben Ringstäben der Kette und der Richtung *VIII—I* aufgetragen. Zwischen den Seilstrahlen *1* und *2* wird die Kraft A_2^1 eingetragen, in l_1 wird A_1^1, in n_2 A_3^1 hinzugefügt. Die Stäbe *I—II* und *II—III* der Kette können dann als Seiten eines Seilpolygones betrachtet werden, welches aus dem Pol O zu dem Polygon $a_1-l_1-n_2-b_2$ der Kräfte A_1^1, A_2^1, A_3^1 gezeichnet ist. Da nun die Y_1, Y_2, Y_3 ebenfalls an den Punkten *I*, *II*, *III* angreifen und mit A_1^1, A_2^1, A_3^1 im Gleichgewicht sein sollen, muß aus Y_1, Y_2, Y_3 ein Kräftepolygon gezeichnet werden können, dessen zwei Eckpunkte auf den Seilstrahlen *1* und *2* liegen und welches das Kräftepolygon A_1^1, A_2^1, A_3^1 schließt. In den Y_4 bis Y_8 kann die Lastgruppe Z_1 nur dann Spannungen hervorrufen, wenn sich die Kette in der Totlage befindet. In diesem Falle genügen alle beliebigen Richtungen Y_1, Y_2, Y_3 der Gleichgewichtsbedingung Z_1, während ein anderes Y für einen Belastungsfall Z zu ∞ wird. Ebenso werden die Kräftepolygone für die Belastungen Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6 aufgetragen. Für jede derselben muß sich aus den zugehörigen Y ein Kräftepolygon in der vorstehend für Z_1 angegebenen Weise zeichnen lassen. Die Belastung Z_7 ruft jedoch in allen Y-Stäben Spannkräfte hervor, da die Punkte *I* und *VIII* nicht unmittelbar miteinander verbunden sind. Wird nun vom Pol O aus A_1^7 aufgetragen, $= Og_0$, durch g_0 eine Parallele zu Y_1 bis zum Schnitt mit dem Strahl *1* in g_1 gezogen, sodann weiter ein Kräftepolygon gezeichnet, dessen Eckpunkte auf den Strahlen *2*, *3* ... *8* liegen und dessen Seiten den Y-Stäben parallel sind, so ist Og_8 die Resultante aus A_1^7 und den durch A_1^7 allein hervorgerufenen Spannkräften Y. Wird also das Kräftepolygon aus A_7^7, A_8^7 und den zugehörigen Y_7 und Y_8 gezeichnet, so müssen die Seiten A_8^7 und Y_8 auf dem Strahl *8* die Strecke Og_8 unter Berücksichtigung der Richtung der durch Og_8 dargestellten Kraft abschneiden, damit das Kräftepolygon für die Belastung Z_7 geschlossen wird und die Kette im Gleichgewicht ist. Y_1 wird senkrecht zu A_1 gewählt, dadurch sind die Punkte f_1 und g_1 auf Strahl *1* gegeben. Wird nun $f_1 a_2$ bis e_2 auf Strahl *2* gezogen, e_2 mit b_2 verbunden und $a_2 f_2 \parallel f_1 b_2$ gezogen, so ist der Punkt f_2 geometrischer Ort für alle Y_3 des Kräftepolygones Z_2, so lange Y_2 des Kräftepolygones Z_1 durch den Punkt f_1 geht. Der Beweis ist leicht zu führen, er ergibt sich aus zwei Proportionen. Es sei noch bemerkt, daß der Punkt f_2 sich auf einer Geraden bewegt, wenn der Punkt f_1 seine Lage auf einer Geraden ändert. Erstere ist parallel zu der Geraden, welche b_2 mit dem Schnittpunkte des Strahles *2* und der Bahn des Punktes f_1 verbindet. Diese Beziehung wird zur Ermittlung des Punktes f_2 benutzt, wenn $e_2 b_2$ und $a_2 f_2$ sich unter spitzem Winkel schneiden. Mit Hilfe dieser Beziehungen wird zu f_1 der Punkt f_2, zu f_2 der Punkt f_3, bis f_7, ebenso zu g_1 der Punkt g_2, bis g_7 gefunden. Durch die Punkte g muß das Kräftepolygon $A_1^7\, Y_1^7\, Y_2^7 \ldots Y_8^7$ gehen, wenn Y_1 angenommen wird, wie oben geschehen. Wird nun durch n_8 eine Parallele zu Og_7 gezogen, und auf derselben $n_8 g_7' = Og_7$ so aufgetragen, daß $g_7'-n_8-l_7$ gleichen Umfahrungssinn hat, so bestimmen die Punkte g_7' und f_7 die Seite Y_8 des Kräftepolygones für die Belastung Z_7, denn die von Y_8 und A_8^7 auf Strahl *8* abgeschnittene Strecke ist gleich Og_8. Nachdem somit Y_8 bestimmt ist, können rückwärts sowohl durch die Punkte f als auch durch die g Y_7 bis Y_2 ermittelt werden. Die Punkte g sind hierzu offenbar bequemer. Zur Erzielung größerer Genauigkeit empfiehlt es sich, für $Og_0 = A_1^7$ einen größeren Maßstab zu wählen, die Reduktion desselben ist dann nur für die Länge $n_8 g_7'$ erforderlich. Die mittleren Y-Stäbe fallen nahezu mit der Richtung der A-Stäbe des gleichen Kettenpunktes zusammen; das hat zur Folge, daß der Verschiebungsplan für die Punkte *19—23* leicht ungenau werden kann. Um dies zu vermeiden, wird eine zweite zwangläufige Ersatzkette angenommen, welche von *I* über *VIII—VII* bis *II* geht. Für diese werden bei der gleichen Annahme für Y_1 neue Werte für Y_8 bis Y_2 nach demselben Verfahren bestimmt. Es wird nun für jede Kette ein Verschiebungsplan, ausgehend von Punkt *I* gezeichnet. Abb. 3 stellt den Verschiebungsplan dar; er mußte in drei verschiedenen Maßstäben gezeichnet werden, die sich wie 1 : 5 : 25 verhalten. Der Maßstab jedes Punktes ist durch die Bezeichnung $1^\times$, $\overline{1}$, *1* kenntlich gemacht. In praktischen Fällen kommt man jedenfalls mit zwei Maßstäben aus. Die Projektionen der Verschiebungen auf die Grundrißebene sind mit δ', die senkrecht zur Grundrißebene mit δ'' bezeichnet. Außerdem ist die Bezeichnung δ_m^l und δ_m^r für die Projektion der Verschiebungen der Knotenpunkte des oberen Ringes auf die Richtung des links, beziehungsweise rechts von der Mitte aus gesehen angrenzenden Ringstabes gewählt. Es ist $O\overline{I} = \delta_I'$ senkrecht Y_1 angenommen und für eine Kette $\overline{II}$, für die andere $\overline{VIII}$ in bekannter Weise ermittelt. δ'_{II} und δ'_{VIII} sind dann in fünffachem Maßstab aufgetragen *O—II* und *O—VIII*, und von *II* aus die Verschiebungen der Knotenpunkte der ersten Kette bis *VIII* vermittels der zugehörigen Y, ebenso von *VIII* aus die Verschiebungen der

Knotenpunkte der zweiten Kette bis *II* ermittelt. Die Verschiebung δ_9' muß sein senkrecht Stab N_1, da Punkt *10* senkrecht N_1 geführt wird, und die Gerade $\overline{I}-\overline{9}$ des Verschiebungsplanes muß senkrecht A_1 sein. Die gleiche Beziehung gilt für die Punkte *11*, *13*, *15* bis *23*. Sie zeigt, daß die entsprechenden Punkte der Verschiebungspläne beider Ketten auf Senkrechten zu den zugehörigen *A*-Stäben liegen müssen. Von Punkt $\overline{9}$ wird Punkt $\overline{24}$ bestimmt durch $\delta'_{24} \perp$ Stab N_8 und Gerade $\overline{9}-\overline{24} \perp$ Stab T_1. Auf dieselbe Weise werden sodann die übrigen Knotenpunkte des unteren Ringes gefunden.

Die Verschiebungen der Knotenpunkte des oberen Ringes werden dann durch wiederholte Anwendung des von Müller-Breslau in den „Neuere Methoden der Festigkeitslehre“, Seite 217 ff. gegebenen Verfahrens ermittelt. Beispielsweise wird durch Punkt $9^\times$ eine Senkrechte zu Stab R_1, durch $24^\times$ eine Senkrechte zu Stab S_1 und durch $10^\times$ eine Senkrechte zu Stab D_1, sodann durch die Schnittpunkte der beiden letzten mit der ersten Senkrechte zu Stab T_1 und Stab N_1 gezogen bis zum Schnitt in $1^\times$, dann ist $\delta_1' = 01^\times$. Die Verschiebung δ_1'' wird durch $9^\times 1^{\times\prime\prime}$ senkrecht Stab R_1 des Aufrisses, und $1^\times - 1^{\times\prime\prime}$ senkrecht zur Grundrißebene gefunden. In Abb. 3 sind die Verschiebungen der Punkte *1*, *2*, *3*, *7*, *8* dargestellt. Die Verschiebungen *4*, *5*, *6* und *16*, *17*, *18*, *19* sind so klein, daß sie in einem hier möglichen Maßstab nicht mehr dargestellt werden können. Schließlich ergibt sich

$$\delta_1^l = \delta_2^r$$
$$\delta_2^l = \delta_3^r$$
$$\vdots$$
$$\delta_7^l = \delta_8^r$$

und damit $\triangle Z_1 = 0$

$$\triangle Z_2 = 0 \text{ usw. bis } \triangle Z_7 = 0.$$

Wird dann $\delta_1^r - \delta_8^l = \triangle Z_8 = 1$

gesetzt, so kann nunmehr der Einfluß jeder an einem Knotenpunkt der Kuppel angreifenden Last auf Z_8 sofort angegeben werden.

Wird der Maßstab genügend groß gewählt, so ergeben sich jedenfalls Verschiebungspläne von ausreichender Genauigkeit. Eine Reihe von Zeichnungsproben sichert die Zuverlässigkeit. Zur Prüfung dieser Frage hat Verfasser in größerem Maßstab einen Verschiebungsplan für das Beispiel — Reichstagskuppel —, welches Müller-Breslau am obigen Ort Seite 308 ff. berechnet hat, gezeichnet und Ergebnisse erhalten, welche von den berechneten in der zweiten Dezimale nicht abwichen. Das Verfahren führt bei dem genannten Fachwerk sehr schnell zum Ziel.

3. Kuppel mit drei Geschossen nach der von Zimmermann in seinem Buch „Über Raumfachwerke“ Seite 79 dargestellten Anordnung. (Abb. 7.)

Der Verschiebungsplan für einen Stab Z_a des obersten Ringes stimmt im wesentlichen mit dem einer Kuppel mit einem Geschoß und vier Ringseiten überein, da die Punkte des Ringes *c* auch nach Beseitigung der Z_a-Stäbe unverschieblich bleiben. Die Ersatzkette mit den *A*- und *Y*-Stäben wird in der Ebene des Ringes *b* angenommen. Die Schrägstellung der Rippenstäbe des zweiten Geschosses, welche an die Stelle der senkrechten Auflagerstäbe der eingeschossigen Kuppel treten, bedingt etwas andere Kräftepläne für *Z* und macht den Verschiebungsplan etwas verwickelter.

Soll der Verschiebungsplan für einen Stab des Ringes *c* gezeichnet werden, so sind sämtliche Z_a und Z_c, also zwölf Stäbe, zu beseitigen. Das Fachwerk ist durch zwölf *A*-Stäbe an eine Kette mit zwölf *Y*-Stäben anzuschließen, für welche elf Gleichgewichtsbedingungen bestehen. Die Verschiebungen der Knotenpunkte des Ringes *c* müssen offenbar mit denjenigen der eingeschossigen Kuppel von acht Seiten übereinstimmen. Es kommt daher das unter Nr. 2 gegebene Verfahren zur Anwendung. An die dementsprechend gebildete

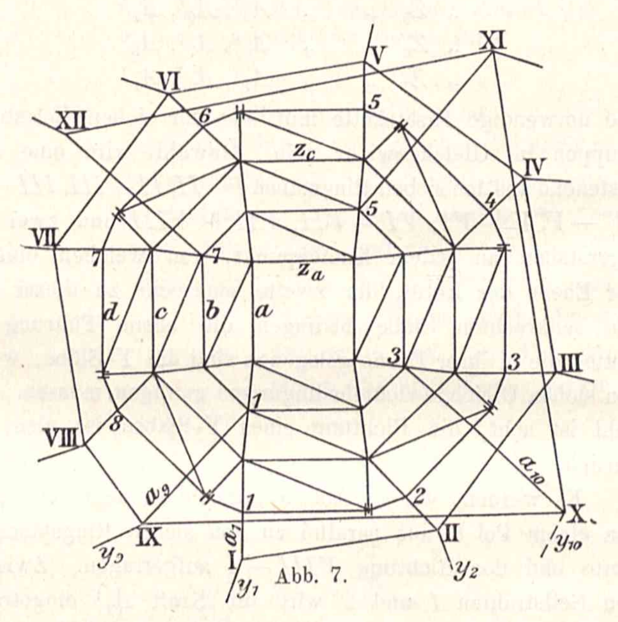


Abb. 7.

Kette werden nun vier neue Knotenpunkte in der Ebene der Kette liegend angeschlossen. Jeder derselben wird durch einen Stab senkrecht zur Ebene und einen *Y*-Stab in der Ebene mit festen Punkten verbunden. An diese vier Punkte *IX*, *X*, *XI*, *XII* sind sodann die Knotenpunkte *1*, *3*, *5*, *7* des Ringes *b* durch je einen *A*-Stab anzuschließen. Die sieben Belastungsfälle Z_c rufen in A_9 bis A_{12} und somit auch in Y_9 bis Y_{12} keine Spannkräfte hervor. Y_1 bis Y_8 werden daher aus denselben Gleichgewichtsbedingungen bestimmt, wie bei der eingeschossigen Kuppel. Die vier Belastungen Z_a ergeben vier Gruppen von Kräften, bestehend aus Y_1 bis Y_8 und A_9 bis A_{12}. Da die Lage von Y_1 bis Y_8 bestimmt ist, kann ihr Einfluß auf die gesuchten Y_9, Y_{10}, Y_{11}, Y_{12} durch die Spannkraft in dem Kettenstab *VIII — IX* ausgedrückt werden, ferner werden die Kräfte A_9 bis A_{12} in ihre Komponenten senkrecht und parallel zur Ebene zerlegt. Die vier Gleichgewichtsbedingungen für Y_9 bis Y_{12} enthalten also nur noch Kräfte, welche an den vier Knotenpunkten der Kette *IX — XII* angreifen und in der Ebene der Kette liegen. Die Aufgabe kann in ähnlicher Weise geometrisch gelöst werden, wie dies unter Nr. 2 für sieben *Y* geschehen ist.

Der Verschiebungsplan für die Knotenpunkte der Kette und der Ringe *d* und *c* kann nunmehr gezeichnet werden. Dann sind vier Knotenpunkte des Ringes *b* an zwei Knotenpunkte des Ringes *c* und an einen Knotenpunkt der Ersatzkette angeschlossen. Die Punkte des Ringes *a* sind an je drei Knotenpunkte des Ringes *b* angeschlossen. Der Verschiebungsplan kann also für sämtliche Knotenpunkte der

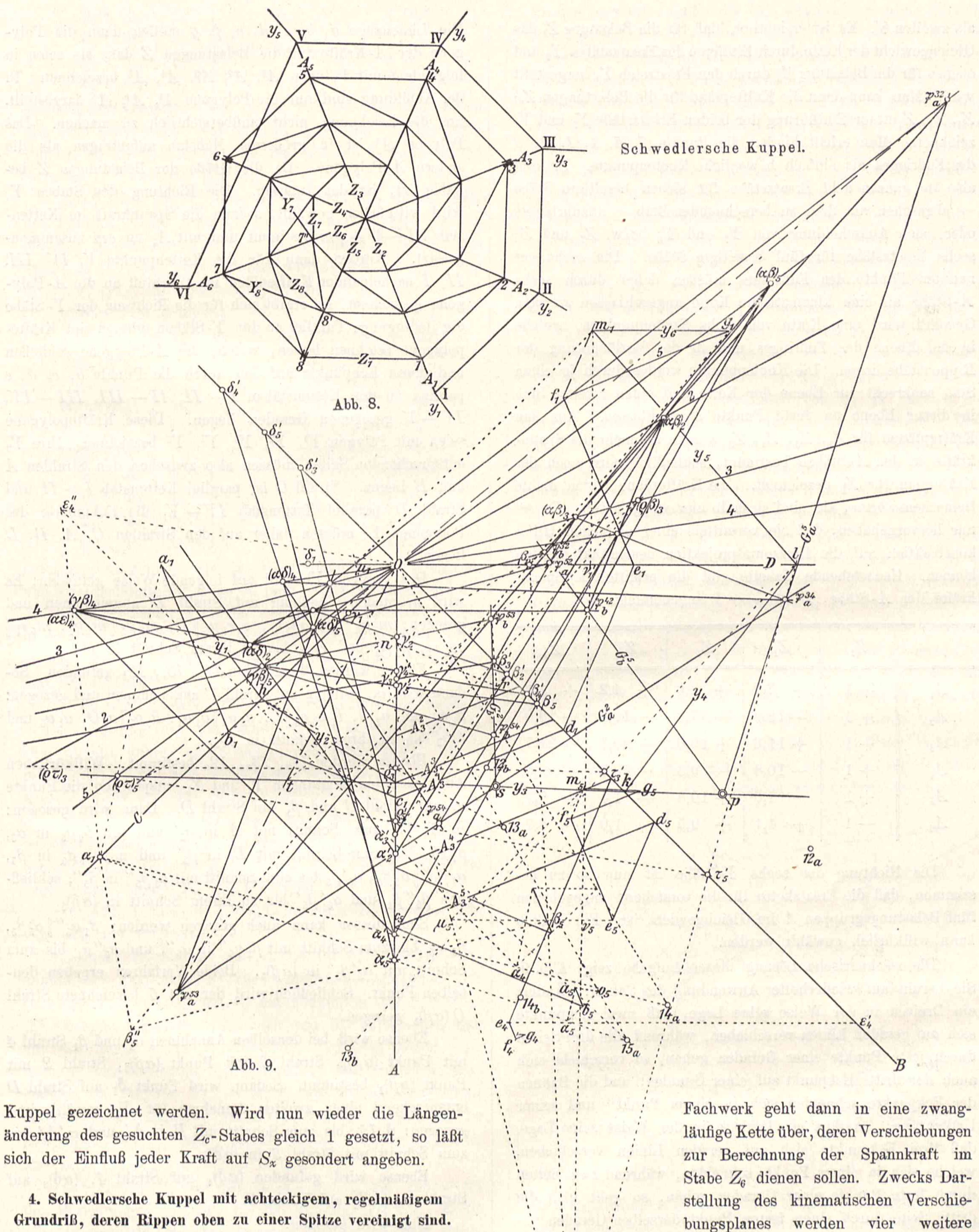


Abb. 8.

Abb. 9.

Kuppel gezeichnet werden. Wird nun wieder die Längenänderung des gesuchten Z_6-Stabes gleich 1 gesetzt, so läßt sich der Einfluß jeder Kraft auf S_x gesondert angeben.

4. Schwedlersche Kuppel mit achteckigem, regelmäßigem Grundriß, deren Rippen oben zu einer Spitze vereinigt sind.

(Abb. 8.)

Die acht Punkte des untersten Ringes sind durch einen Fußring verbunden und durch senkrechte Auflagerstäbe gestützt. Die Punkte *3*, *6*, *8* sind außerdem in der Ebene des Fußringes in geraden Linien geführt. Das System ist statisch bestimmt. Der Spitzenstab Z_6 wird beseitigt, das Fachwerk geht dann in eine zwangläufige Kette über, deren Verschiebungen zur Berechnung der Spannkraft im Stabe Z_6 dienen sollen. Zwecks Darstellung des kinematischen Verschiebungsplanes werden vier weitere Spitzenstäbe und zwar Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, ferner die Ringstäbe Z_7, Z_8, Z_1 beseitigt, und sodann Kräftepläne für die Belastungen Z gezeichnet, welche mit der Spitze beginnen. Als ersten beweglichen Knotenpunkt findet man Punkt $7''$,

als zweiten *8'*. Es ist ersichtlich, daß für die Belastung Z_7 das Gleichgewicht der Kette durch Einfügeu des Ersatzstabes Y_7 und ebenso für die Belastung Z_8 durch den Ersatzstab Y_8 hergestellt wird. Man kann dann die Kräftepläne für die Belastungen Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 unter Einführung der beiden Ersatzstäbe Y_7 und Y_8 zeichnen. Man erhält hierbei die Punkte *7*, *5*, *4*, *1*, *2*, *3* des Fußringes als einfach bewegliche Knotenpunkte. Es sind also im ganzen acht Ersatzstäbe für sieben beseitigte Stäbe — abgesehen von dem zu berechnenden Stab — anzubringen, oder nach Ausscheidung von Y_7 und Y_8 bezw. Z_7 und Z_8 sechs Ersatzstäbe für fünf beseitigte Stäbe. Die sechs genannten Punkte des Fußringes müssen daher durch sechs A-Stäbe an eine kinematische Kette angeschlossen werden. Gewählt wird eine Kette von sechs Knotenpunkten, welche in der Ebene des Fußringes und in der Verlängerung der Rippenstäbe liegen. Die Knotenpunkte werden durch je einen Stab senkrecht zur Ebene der Kette und einen zweiten Stab in dieser Ebene an feste Punkte angeschlossen. Aus den Kräfteplänen für Z_2, Z_3, Z_4, Z_5 werden nunmehr die Spannkräfte in den A-Stäben bestimmt, schließlich wird noch der Kräfteplan für Z_1 gezeichnet. Die Kräftepläne bieten nichts Bemerkenswertes, sie sind deshalb hier weggelassen. Es sei nur hervorgehoben, daß sie vermittels einer einfachen Hilfskonstruktion auf die Horizontalprojektion beschränkt werden können. Nachstehende Tabelle gibt die ermittelten Spannkräfte der A-Stäbe, Z ist $= +1$ angenommen.

	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5
A_1	+ 1	+ 7,7	+ 2,0	+ 4,2	+ 1,7
A_2	+ 1	— 12,9	— 7,3	— 15,0	— 18,0
A_3	+ 1	+ 11,6	+ 15,0	+ 20,6	+ 24,7
A_4	+ 1	— 10,8	— 9,8	— 23,5	— 9,5
A_5	+ 1	— 1,6	+ 10,8	— 1,4	+ 9,7
A_6	— 1	+ 4,1	+ 0,5	— 1,0	— 6,7

Die Richtung der sechs Y-Stäbe ist nun so zu bestimmen, daß die Ersatzkette für die vorstehend angegebenen fünf Belastungsgruppen A im Gleichgewicht ist. Ein Y-Stab kann willkürlich gewählt werden.

Die zeichnerische Lösung dieser Aufgabe zeigt Abb. 9. Sie beruht auf wiederholter Anwendung des Satzes: „Ändert ein Dreieck in der Weise seine Lage, daß zwei Eckpunkte sich auf geraden Linien verschieben, während alle drei Seiten durch feste Punkte einer Geraden gehen, so verschiebt sich auch der dritte Eckpunkt auf einer Geraden, und die Bahnen der Eckpunkte schneiden sich in einem Punkt" und seiner Umkehrung: „Ändert ein Dreieck in der Weise seine Lage, daß drei Eckpunkte sich auf geraden Linien verschieben, welche sich in einem Punkte schneiden, während zwei Seiten durch feste Punkte einer Geraden gehen, so geht auch die dritte Seite durch einen festen Punkt derselben Geraden."

Von einem Pol O aus werden die Strahlen A und B parallel zu den Kettenstäben $II - III$ und $III - IV$ gezogen. Zwischen diesen Strahlen werden die Kräfte $A_3{}^1$, $A_3{}^2$, $A_3{}^3$, $A_3{}^4$, $A_3{}^5$ gleich $c_1 d_1$, $c_2 d_2 \ldots c_5 d_5$ aufgetragen, sodann werden in c die Kräfte A_2 und A_1 nach Richtung und Größe und ebenso in d die Kräfte A_4, A_5, A_6 hinzugefügt. Die Linienzüge a, b, c, d, e, f, g stellen dann die Polygone der A-Kräfte für die Belastungen Z dar, sie seien in folgendem mit Polygon A^1, A^2, A^3, A^4, A^5 bezeichnet. In der Abbildung sind nur die Polygone A^1, A^4, A^5 dargestellt, um die Zeichnung nicht unübersichtlich zu machen. Das Polygon A^1 ist in größerem Maßstab aufgetragen als die andern A-Polygone. Da die Größe der Belastungen Z beliebig ist, ist das zulässig. Die Richtung des Stabes Y_6 wird willkürlich gewählt, sodann die Spannkraft im Kettenstab $VI - V = fm$ bestimmt und mit A_5 zu em zusammengesetzt. Werden dann für die Kettenpunkte V, IV, III, II, I nacheinander Kräftepläne im Anschluß an die A-Polygone gezeichnet, so ergibt sich für die Richtung der Y-Stäbe die Bedingung: Parallel zu den Y-Stäben müssen sich Kräftepolygone zeichnen lassen, welche die A-Polygone schließen und deren Eckpunkte auf den durch die Punkte b, c, d, e parallel zu den Kettenstäben $I - II$, $II - III$, $III - IV$, $IV - V$ gezogenen Geraden liegen. Diese Kräftepolygone seien mit Polygon Y^1, Y^2, Y^3, Y^4, Y^5 bezeichnet. Ihre Y_3 entsprechenden Seiten müssen also zwischen den Strahlen A und B liegen. Strahl C ist parallel Kettenstab $I - II$ und Strahl D parallel Kettenstab $IV - V$, die Eckpunkte des Polygones Y^1 müssen daher auf den Strahlen C, A, B, D liegen.

Das Polygon Y^1 wird auf folgende Weise gefunden: Es wird μ_1 und ν_1 beliebig auf Strahl D angenommen und gezogen: $m_1 \mu_1$ und $m_1 \nu_1$, $e_5 \nu_5 \mu_5 \parallel D$, $m_5 \mu_5 \parallel m_1 \mu_1$, $m_5 \nu_5 \parallel m_1 \nu_1$, $\mu_1 \mu_5$ und $\nu_1 \nu_5$ bis zu ihrem Schnitt in 15_b.

Ebenso werden die Punkte 14_b, 13_b, 12_b gefunden. Sodann wird α_1 beliebig auf Strahl C angenommen und gezogen: $a_1 \alpha_1$ und $a_1 O$, $b_5 \alpha_5 o_5 \parallel C$, $a_5 \alpha_5 \parallel a_1 \alpha_1$, $a_5 o_5 \parallel a_1 O$, $\alpha_1 \alpha_5$ und $O o_5$ bis zu ihrem Schnitt in 15_a.

Ebenso werden 14_a, 13_a, 12_a bestimmt. Willkürlichen Annahmen der Richtungen Y_1 und Y_5 entsprechen die Punkte α_1 auf Strahl C und β_1 auf Strahl D. Dann wird gezogen: $\alpha_1 15_a$ bis zum Schnitt mit A in $\alpha_5{}'$ und mit $b_5 \alpha_5$ in α_5, $\beta_1 15_b$ bis zum Schnitt mit B in $\beta_5{}'$ und mit $e_5 \beta_5$ in β_5, $\alpha_1 \beta_5{}'' \parallel \alpha_5 \beta_5$, $\alpha_5{}' \beta_5$ bis zum Schnitt mit $\alpha_1 \beta_5{}''$ in $\beta_5{}''$, schließlich $\beta_5{}'' \beta_1$ und $\alpha_5{}' \beta_5{}'$ bis zu ihrem Schnitt in $(\alpha\beta)_5$.

Statt dessen kann auch gezogen werden: $\beta_1 \alpha_5{}'' \parallel \alpha_5 \beta_5$, $\beta_5{}' \alpha_5$ bis zum Schnitt mit $\beta_1 \alpha_5{}''$ in $\alpha_5{}''$, und $\alpha_5{}'' \alpha_1$ bis zum Schnitt mit $\alpha_5{}' \beta_5{}'$ in $(\alpha\beta)_5$. Beide Verfahren ergeben denselben Punkt. Schließlich wird der mit *5* bezeichnete Strahl $O(\alpha\beta)_5$ gezogen.

Ebenso wird bei denselben Annahmen α_1 und β_1 Strahl *4* mit Punkt $(\alpha\beta)_4$, Strahl *3* mit Punkt $(\alpha\beta)_3$, Strahl *2* mit Punkt $(\alpha\beta)_2$ bestimmt. Sodann wird Punkt δ_1 auf Strahl D entsprechend einer zweiten Annahme für Y_5 gewählt und gezogen: $\delta_1 15_b$ bis zum Schnitt mit B in $\delta_5{}'$ und $\alpha_5{}' \delta_5{}'$ bis zum Schnitt mit Strahl *5* in $(\alpha\delta)_5$.

Ebenso wird gefunden $(\alpha\delta)_4$ auf Strahl *4*, $(\alpha\delta)_3$ auf Strahl *3*, $(\alpha\delta)_2$ auf Strahl *2*.

Nun wird gezogen:

$(\alpha\beta)_5 (\alpha\beta)_4$ und $(\alpha\delta)_5 (\alpha\delta)_4$ bis zum Schnitt in $\mathfrak{P}_a{}^{54}$

$(\alpha\beta)_5 (\alpha\beta)_3$ „ $(\alpha\delta)_5 (\alpha\delta)_3$ „ „ „ „ $\mathfrak{P}_a{}^{53}$

$(\alpha\beta)_5 (\alpha\beta)_2$ „ $(\alpha\delta)_5 (\alpha\delta)_2$ „ „ „ „ $\mathfrak{P}_a{}^{52}$

$(\alpha\beta)_4 (\alpha\beta)_3$ „ $(\alpha\delta)_4 (\alpha\delta)_3$ „ „ „ „ $\mathfrak{P}_a{}^{43}$

$(\alpha\beta)_4 (\alpha\beta)_2$ „ $(\alpha\delta)_4 (\alpha\delta)_2$ „ „ „ „ $\mathfrak{P}_a{}^{42}$

$(\alpha\beta)_3 (\alpha\beta)_2$ „ $(\alpha\delta)_3 (\alpha\delta)_2$ „ „ „ „ $\mathfrak{P}_a{}^{32}$

$$\left.\begin{array}{l}\mathfrak{P}_a^{54},\ \mathfrak{P}_a^{53},\ \mathfrak{P}_a^{43}\\ \mathfrak{P}_a^{54},\ \mathfrak{P}_a^{52},\ \mathfrak{P}_a^{42}\\ \mathfrak{P}_a^{53},\ \mathfrak{P}_a^{52},\ \mathfrak{P}_a^{32}\\ \mathfrak{P}_a^{43},\ \mathfrak{P}_a^{42},\ \mathfrak{P}_a^{32}\end{array}\right\}\text{ liegen auf einer mit }\left\{\begin{array}{l}G_a^2\\ G_a^3\\ G_a^4\\ G_a^5\end{array}\right.$$

bezeichneten Geraden. Von diesen vier Geraden sind jedoch nur zwei erforderlich, man braucht daher nur drei geeignete Punkte $\mathfrak{P}_a$ zu bestimmen. In der Abb. 9 sind die beiden Geraden G_a^2 und G_a^5 gewählt.

Jetzt wird für Y_1 eine zweite Annahme durch Wahl des Punktes γ_1 auf Strahl C gemacht und gezogen: $\gamma_1 15_a$ bis zum Schnitt mit A in γ_5', $\gamma_5' \beta_5'$ bis zum Schnitt mit Strahl 5 in $(\gamma\beta)_5$, und ebenso wird gefunden: $(\gamma\beta)_4$ auf Strahl 4, $(\gamma\beta)_3$ auf Strahl 3, $(\gamma\beta)_2$ auf Strahl 2.

Ferner wird gezogen:

$(\gamma\beta)_5\,(\gamma\beta)_4$ bis zum Schnitt mit $(\alpha\beta)_5\,(\alpha\beta)_4$ in $\mathfrak{P}_b^{54}$
$(\gamma\beta)_5\,(\gamma\beta)_3$ „ „ „ „ $(\alpha\beta)_5\,(\alpha\beta)_3$ „ $\mathfrak{P}_b^{53}$
$(\gamma\beta)_5\,(\gamma\beta)_2$ „ „ „ „ $(\alpha\beta)_5\,(\alpha\beta)_2$ „ $\mathfrak{P}_b^{52}$
$(\gamma\beta)_4\,(\gamma\beta)_3$ „ „ „ „ $(\alpha\beta)_4\,(\alpha\beta)_3$ „ $\mathfrak{P}_b^{43}$
$(\gamma\beta)_4\,(\gamma\beta)_2$ „ „ „ „ $(\alpha\beta)_4\,(\alpha\beta)_2$ „ $\mathfrak{P}_b^{42}$
$(\gamma\beta)_3\,(\gamma\beta)_2$ „ „ „ „ $(\alpha\beta)_3\,(\alpha\beta)_2$ „ $\mathfrak{P}_b^{32}$

$$\left.\begin{array}{l}\mathfrak{P}_b^{54},\ \mathfrak{P}_b^{53},\ \mathfrak{P}_b^{43}\\ \mathfrak{P}_b^{54},\ \mathfrak{P}_b^{52},\ \mathfrak{P}_b^{42}\\ \mathfrak{P}_b^{53},\ \mathfrak{P}_b^{52},\ \mathfrak{P}_b^{32}\\ \mathfrak{P}_b^{43},\ \mathfrak{P}_b^{42},\ \mathfrak{P}_b^{32}\end{array}\right\}\text{ liegen auf einer mit }\left\{\begin{array}{l}G_b^2\\ G_b^3\\ G_b^4\\ G_b^5\end{array}\right.$$

bezeichneten Geraden. Von den vier Geraden werden wiederum nur zwei benötigt, die Auswahl muß jedoch entsprechend der Wahl der G_a-Linien getroffen werden. G_a^2 und G_b^2 werden in Punkt s, G_a^5 und G_b^5 in p zum Schnitt gebracht, desgleichen sp mit Strahl A in i, B in k, Strahl 3 in $(\varrho\tau)_3$ und Strahl $O\mathfrak{P}_a^{53}$ in t.

Dann wird gezogen: $t\mathfrak{P}_b^{53}$ bis zum Schnitt mit Strahl 3 in $(\varrho\beta)_3$, $(\varrho\beta)_3\beta_3'$ bis zum Schnitt mit A in ϱ_3', $13_a\varrho_3'$ bis zum Schnitt mit C in h, $(\varrho\tau)_3\varrho_3'$ bis zum Schnitt mit B in τ_3', $13_b\tau_3'$ bis zum Schnitt mit D in l. Dann ist a_1, h, i, k, l, m_1, g_1 das gesuchte Polygon Y^1.

Statt des Punktes $(\varrho\tau)_3$ kann auch der Schnittpunkt der Geraden sp mit einem der anderen Strahlen 5, 4, 2 benutzt werden, an Stelle von $\mathfrak{P}_a^{53}$, t und $\mathfrak{P}_b^{53}$ müssen dann die zugehörigen Punkte $\mathfrak{P}_a$ und $\mathfrak{P}_b$ treten.

In Abb. 9 sind die Punkte h und l ein zweites Mal von $(\varrho\tau)_5$ aus ermittelt.

Beweis: Es sind μ_1 und ν_1 die auf D liegenden Eckpunkte des Polygones Y^1 für willkürliche Annahmen der Richtung Y_5, und μ_5 und ν_5 die Eckpunkte des Polygones Y^5, welche denselben Annahmen von Y_5 entsprechen und auf der durch e_5 zu D gezogenen Parallelen liegen. Ist dann β_1 eine beliebige dritte Annahme des fraglichen Eckpunktes im Polygon Y^1, so ist β_5 der derselben Annahme entsprechende Eckpunkt des Polygones Y^5, denn es ist $\mu_1\beta_1 : \mu_5\beta_5 = \mu_1\nu_1 : \mu_5\nu_5$, mithin $\triangle m_1\mu_1\beta_1 \sim \triangle m_5\mu_5\beta_5$ und $m_1\beta_1 \parallel m_5\beta_5$.

Der gleiche Beweis gilt für β_4, β_3, β_2 und ebenso für die Beziehungen zwischen α_1 und α_5, α_4, α_3, α_2. Mithin gilt: „Verschiebt sich der Punkt β_1 $(-\alpha_1)$ auf dem Strahl D $(-C)$, so dreht sich die Gerade $\beta_1\beta_5$ $(-\alpha_1\alpha_5)$ um 15_b (-15_a), $\beta_1\beta_4$ $(-\alpha_1\alpha_4)$ um 14_b (-14_a), $\beta_1\beta_3$ $(-\alpha_1\alpha_3)$ um 13_b (-13_a), $\beta_1\beta_2$ $(-\alpha_1\alpha_2)$ um 12_b (-12_a)."

Der weitere Beweis sei an der Abb. 10 geführt, in welcher dieselben Bezeichnungen wie in Abb. 9 für gleiche Punkte gewählt sind. Es sei gezogen: $\alpha_1 u' u$ beliebig, $u\,v \parallel \alpha_5\beta_5$, $v\,v'\,\beta_1$, $\alpha_5 u'' \parallel u\,u'$, $\beta_5 v'' \parallel v\,v'$, dann ist wegen der Ähnlichkeit der Figuren auch $u''v'' \parallel u'v'$. Wird nun die Gerade $\alpha_1 u$ um α_1 gedreht, so verschiebt sich in dem Dreieck $u'u\,v$ der Punkt u' auf A, u auf $O\alpha_5$, v auf $O\beta_5$, während $u\,v$ sich um ihren unendlich fernen Punkt dreht, mithin muß sich $u'v$ um einen festen Punkt, und zwar β_5'' drehen. Denn da $\alpha_1\beta_5'' \parallel u\,v$ ist, liegen β_5'', α_1 und der unendlich ferne Punkt der Geraden $u\,v$ auf einer Geraden. Im Dreieck $u'\,v\,v'$ verschiebt sich u' auf A, v auf $O\,\beta_5$, v' auf B, und $u'\,v$ dreht sich um β_5'', $v\,v'$ um β_1, mithin dreht sich die Seite $u'\,v'$ um Punkt $(\alpha\,\beta)_5$, ihren Schnittpunkt mit der Geraden $\beta_5''\,\beta_1$. Fällt u mit α_5 zusammen, so fällt $u'\,v$ mit $\alpha_5'\,\beta_5$ und $u'\,v'$ mit $\alpha_5'\,\beta_5'$ zusammen, mithin geht $\alpha_5'\,\beta_5$ durch Punkt β_5'' und $\alpha_5'\,\beta_5'$ durch $(\alpha\,\beta)_5$. Ebenso wird bewiesen, daß $u\,v'$ sich um α_5'' dreht, den Schnittpunkt von $\alpha_5\,\beta_5'$ mit der Parallelen zu $\alpha_5\,\beta_5$ durch β_1, und daß $u'\,v'$ sich um den Schnittpunkt von $\alpha_5'\,\beta_5'$ mit $\alpha_1\,\alpha_5''$ dreht. Letzterer fällt daher mit $(\alpha\,\beta)_5$ zusammen. Demnach ist $(\alpha\,\beta)_5$ geometrischer Ort für die mittlere Seite eines aus drei Seiten bestehenden Linienzuges α_1, u', v', β_1, dessen Eckpunkte auf den Strahlen A und B liegen, und der der Bedingung genügt, daß sich parallel zu seinen Seiten ein Linienzug α_5, u'', v'', β_5 zeichnen läßt, dessen Eckpunkte ebenfalls auf A und B liegen. Wird nun der Punkt β_1 auf Strahl D verschoben, so dreht sich $\beta_1\,\beta_5$ um Punkt 15_b, Punkt β_5 verschiebt sich parallel zu D, mithin muß sich auch Punkt β_5'' parallel zu D verschieben, da das Verhältnis $\alpha_5'\,\beta_5'' : \alpha_5'\,\beta_5 = \alpha_5'\,\alpha_1 : \alpha_5'\,\alpha_5$ unveränderlich ist. Ferner dreht sich in dem Dreieck $\beta_1\,\beta_5''\,\beta_5$ die Seite $\beta_5''\,\beta_5$ um α_5', also muß auch $\beta_1\,\beta_5''$ sich um einen festen Punkt der Geraden $15_b\,\alpha_5'$ drehen. In dem Dreieck $\beta_1\,\beta_5'\,(\alpha\,\beta)_5$ dreht sich $\beta^1\,\beta_5'$ um 15_b, $\beta_5'\,(\alpha\,\beta)_5$ um α_5', $\beta_1\,(\alpha\beta)_5$ um einen festen Punkt derselben Geraden, β_1 verschiebt sich auf D, β_5' auf B, mithin muß $(\alpha\,\beta)_5$ sich auf einer Geraden verschieben, welche durch

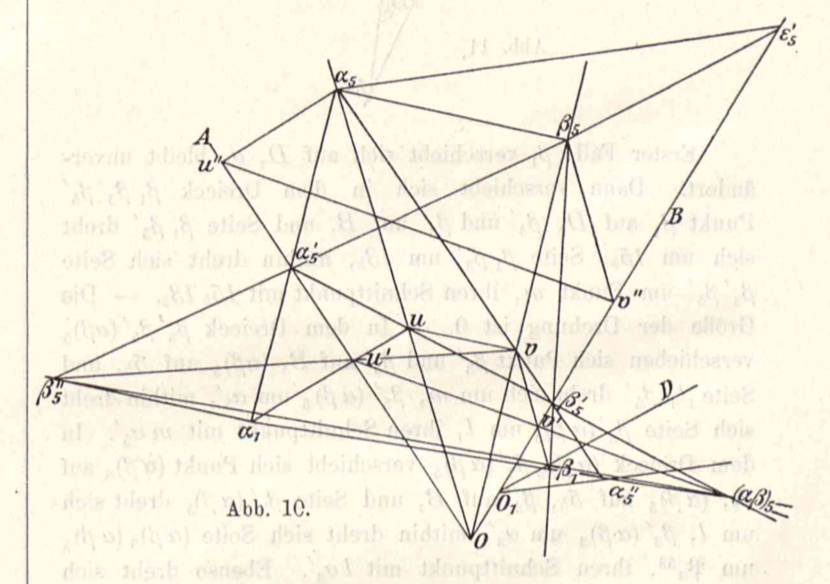


Abb. 10.

den Schnittpunkt O_1 von B und D geht. In Abb. 9 fällt O_1 mit O zusammen. Die Punkte $(\alpha\,\beta)$ verschieben sich also auf den Strahlen durch O.

Es sei noch auf ein Verfahren hingewiesen, welches schnell und bequem zur Bestimmung der Strahlen 5, 4, 3, 2 führt, und besonders dann geeignet ist, wenn das oben beschriebene spitze Schnitte liefert. In Abb. 10 ist $\beta_1\,\alpha_5'' \parallel \alpha_5\,\beta_5$,

$\beta_5 \varepsilon_5' \parallel D$, $\beta_5' \alpha_5'' : \beta_5' \alpha_5 = \beta_5' \beta_1 : \beta_5' \beta_5 = \beta_5' O_1 : \beta'_5 \varepsilon'_5$, mithin $\alpha_5'' O_1 \parallel \alpha_5 \varepsilon'_5$. Punkt α_5'' verschiebt sich also auf der Parallelen zu $\alpha_5 \varepsilon'_5$ durch Punkt O_1, wenn β_1 sich auf D verschiebt, denn die Richtung $\alpha_5 \varepsilon_5'$ bleibt dann unverändert. In Abb. 9 ist gezogen: $e_4 \varepsilon_4' \parallel D$, $O \varepsilon_4'' \parallel \varepsilon_4' \alpha_4$, $\alpha_4 \varepsilon_4'' \parallel B$, $\varepsilon_4'' \alpha_1$ und $\alpha_4' (\alpha \varepsilon)_4 \parallel B$ bis zum Schnitt mit $\varepsilon_4'' \alpha_1$ in $(\alpha \varepsilon)_4$. Der Punkt $(\alpha \varepsilon)_4$ bestimmt dann den Strahl *4*.

Wird nun α_1 auf Strahl C verschoben, während β_1 unverändert bleibt, so läßt sich auf demselben Wege beweisen, daß die Punkte $(\alpha \beta)_5$, $(\alpha \beta)_4$, $(\alpha \beta)_3$, $(\alpha \beta)_2$ sich auf Geraden bewegen, welche durch den Schnittpunkt von C und A gehen. Dieser fällt in Abb. 9 wiederum mit Pol O zusammen. Der weitere Beweis sei an Abb. 11 geführt. In dieser ist angenommen, daß die Punkte O_1 und O_2, in welchen sich A und C bezw. B und D schneiden, nicht mit O zusammen allen. $(\alpha \beta)_5$ und $(\alpha \beta)_3$ seien wie oben angegeben ermittelt.

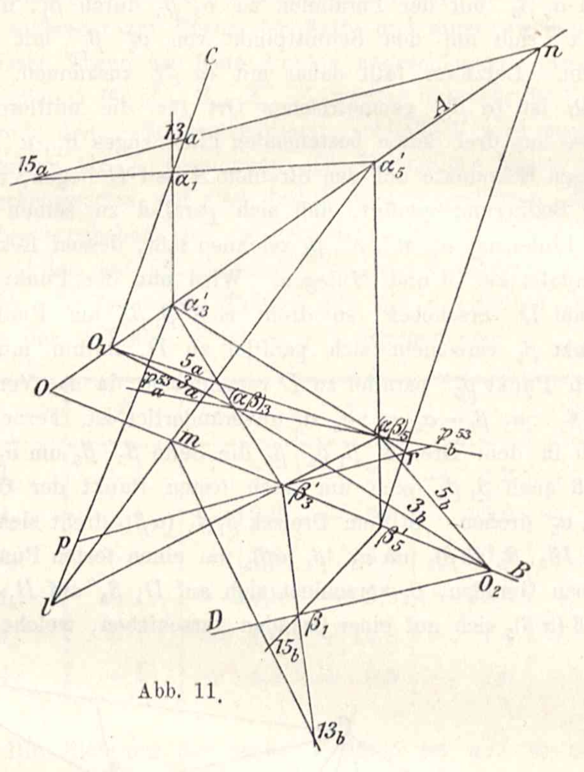


Abb. 11.

Erster Fall: β_1 verschiebt sich auf D, α_1 bleibt unverändert. Dann verschiebt sich in dem Dreieck $\beta_1 \beta_3' \beta_5'$ Punkt β_1 auf D, β_3' und β_5' auf B, und Seite $\beta_1 \beta_5'$ dreht sich um 15_b, Seite $\beta_1 \beta_3'$ um 13_b, mithin dreht sich Seite $\beta_3' \beta_5'$ um Punkt m, ihren Schnittpunkt mit $15_b\, 13_b$. — Die Größe der Drehung ist 0. — In dem Dreieck $\beta_3' \beta_5' (\alpha\beta)_5$ verschieben sich Punkt β_3' und β_5' auf B, $(\alpha\beta)_5$ auf 5_b, und Seite $\beta_3' \beta_5'$ dreht sich um m, $\beta_5' (\alpha \beta)_5$ um α_5', mithin dreht sich Seite $\beta_3' (\alpha \beta)_5$ um l, ihren Schnittpunkt mit $m \alpha_5'$. In dem Dreieck $(\alpha \beta)_3 \beta_3' (\alpha \beta)_5$ verschiebt sich Punkt $(\alpha \beta)_3$ auf 3_b, $(\alpha \beta)_5$ auf 5_b, β_3' auf B, und Seite $\beta_3' (\alpha \beta)_5$ dreht sich um l, $\beta_3' (\alpha \beta)_3$ um α_3', mithin dreht sich Seite $(\alpha \beta)_3 (\alpha \beta)_5$ um $\mathfrak{P}_a^{53}$, ihren Schnittpunkt mit $l \alpha_3'$. Ebenso dreht sich $(\alpha \beta)_5 (\alpha \beta)_2$ um den Punkt $\mathfrak{P}_a^{52}$ und $(\alpha \beta)_3 (\alpha \beta)_2$ um den Punkt $\mathfrak{P}_a^{32}$. Da nun $(\alpha \beta)_5$, $(\alpha \beta)_3$, $(\alpha \beta)_2$ sich auf den Strahlen *5, 3, 2* verschieben, müssen $\mathfrak{P}_a^{53}$, $\mathfrak{P}_a^{52}$, $\mathfrak{P}_a^{32}$ auf einer Geraden liegen.

Zweiter Fall: α_1 verschiebt sich auf C, β_1 bleibt unverändert. Dann verschieben sich die Punkte $(\alpha \beta)_5$ und $(\alpha \beta)_3$ auf den Geraden 5_a und 3_a. Ferner ergibt sich genau wie im ersten Falle Punkt r als Drehpunkt der Geraden $\alpha_3' (\alpha \beta)_5$ und Punkt $\mathfrak{P}_b^{53}$ als Drehpunkt der Geraden $(\alpha \beta)_5 (\alpha \beta)_3$. In dem Dreieck $\alpha_5' (\alpha \beta)_5\, l$ dreht sich Seite $\alpha_5' (\alpha \beta)_5$ um β_5', $l (\alpha \beta)_5$ um β_3', $l \alpha_5'$ um m, und Punkt $(\alpha \beta)_5$ verschiebt sich auf 5_a, α_5' auf A, mithin verschiebt sich l auf der Geraden $O_1\, l$. In dem Dreieck $l\, \alpha_3' (\alpha \beta)_5$ verschiebt sich Punkt l auf $O_1\, l$, $(\alpha \beta)_5$ auf 5_a, α_3' auf A, und Seite $l (\alpha \beta)_5$ dreht sich um β_3', $\alpha_3' (\alpha \beta)_5$ um r, mithin dreht sich Seite $\alpha_3' l$ um p, ihren Schnittpunkt mit $r \beta_3'$. In dem Dreieck $\mathfrak{P}_a^{53} \alpha_3' (\alpha \beta)_5$ dreht sich Seite $\alpha_3' \mathfrak{P}_a^{53}$ um p, $(\alpha \beta)_5 \mathfrak{P}_a^{53}$ um $\mathfrak{P}_b^{53}$, $\alpha_3' (\alpha \beta)_5$ um r, und Punkt α_3' verschiebt sich auf A, $(\alpha \beta)_5$ auf 5_a, mithin verschiebt sich $\mathfrak{P}_a^{53}$ auf der Geraden $\mathfrak{P}_a^{53} O_1$.

Aus diesem Beweis ergibt sich ein zweites Verfahren zur Bestimmung der Drehpunkte $\mathfrak{P}_a$ und $\mathfrak{P}_b$. In der Abb. 9 ist es zur Ermittlung des Punktes $\mathfrak{P}_b^{53}$ benutzt worden. In dem Dreieck $(\alpha \beta)_5 \mathfrak{P}_a^{54} \mathfrak{P}_a^{53}$ — siehe Abb. 9 — verschieben sich die Punkte $(\alpha \beta)_5$, $\mathfrak{P}_a^{54}$ und $\mathfrak{P}_a^{53}$ auf ihren Strahlen durch Pol O, und Seite $(\alpha \beta)_5 \mathfrak{P}_a^{54}$ dreht sich um $\mathfrak{P}_b^{54}$, $(\alpha \beta)_5 \mathfrak{P}_a^{53}$ um $\mathfrak{P}_b^{53}$, mithin dreht sich Seite $\mathfrak{P}_a^{54} \mathfrak{P}_a^{53} (G_a^2)$ um Punkt s, ihren Schnittpunkt mit $\mathfrak{P}_b^{54} \mathfrak{P}_b^{53} (G_b^2)$. Ebenso wird bewiesen, daß die Gerade G_a^5 sich um p, ihren Schnittpunkt mit der Geraden G_b^5 drehen muß. Den vier Punkten $(\alpha \beta)$ entsprechen vier Gerade G_a, je drei derselben bilden ein Dreieck, dessen Ecken sich auf den Strahlen durch O verschieben, und dessen Seiten sich hierbei um feste Punkte drehen. Die letzteren müssen daher alle auf der Geraden $s\, p$ liegen. Es ist daher möglich, den Punkt α_1 auf Strahl C so zu verschieben, daß alle sechs Punkte $\mathfrak{P}_a$ in die Gerade $s\, p$ fallen. $\mathfrak{P}_a^{53}$ rückt dann auf dem Strahl $O \mathfrak{P}_a^{53}$ nach t, $(\alpha \beta)_5 (\alpha \beta)_3$ dreht sich um $\mathfrak{P}_b^{53}$ in die Lage $t \mathfrak{P}_b^{53}$, $(\alpha \beta)_3$ fällt mit $(\varrho \beta)_3$, α_3' mit ϱ_3' und endlich α_1 mit h zusammen. Wird nun Punkt h festgehalten, und β_1 auf Strahl D verschoben, so drehen sich die Verbindungslinien der Punkte $(\varrho \beta)$ um diejenigen Punkte, in welchen sp von den Strahlen $O \mathfrak{P}_a$ geschnitten wird. β_1 kann daher so verschoben werden, daß die vier Punkte $(\varrho \beta)$ in eine Gerade und zwar die Gerade $s\, p$ fallen. $(\varrho \beta)_5$ fällt dann mit $(\varrho \tau)_5$, $(\varrho \beta)_3$ mit $(\varrho \tau)_3$ zusammen, β_5' rückt nach τ_5', β_3' nach τ_3', und schließlich β_1 nach l. Da nun jeder der vier Punkte $(\varrho \tau)$ geometrischer Ort für die mittlere Seite des Polygones Y^1 ist, so fällt diese mit $s\, p$ zusammen. Das Polygon ist also durch die Punkte a_1, h, i, k, l, m_1, g_1 festgelegt.

Wie sich aus dem Beweis ergibt, kann jeder Punkt und jede Gerade auf verschiedenen Wegen gefunden werden. Es sind daher eine ganze Reihe von Proben für die Genauigkeit der Zeichnung gegeben. In Sonderheit ist man dadurch imstande, die aus spitzen Schnitten herrührenden Fehlerquellen zu vermeiden.

Für einen beliebigen Punkt der Ersatzkette wird eine Verschiebung senkrecht zur Richtung des zugehörigen Y-Stabes und in der Ebene der Kette willkürlich angenommen. Dann kann man die Verschiebungen der anderen Knotenpunkte der Kette, sodann die des Punktes *3* des Fußringes und von diesem nach beiden Seiten fortschreitend die Verschiebungen aller Punkte des untersten Ringes bestimmen. Jeder weitere Punkt der Kuppel ist dann durch drei Stäbe mit drei vorhergehenden Punkten verbunden, die Darstellung des Verschiebungsplanes bietet also keine Schwierigkeiten mehr.

Handelt es sich um eine vollständige Berechnung der Kuppel, so müssen zuerst die Spannkräfte in den fünf Spitzenstäben Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6 ermittelt werden. Hierzu sind fünf Verschiebungspläne erforderlich, jedem entspricht eine andere Gruppe von Y-Stäben. Ihre Bestimmung kann in ziemlich einfacher Weise mit der oben beschriebenen Darstellung der Abb. 9 vereinigt werden. Für die Belastung Z_6 werden die Spannkräfte in den A-Stäben ermittelt, und das Kräftepolygon A^6 wird ebenso aufgetragen, wie die anderen A-Polygone. In derselben Weise werden sodann die Punkte $(\alpha\beta)_6$ mit Strahl 6 und $\mathfrak{P}_a^{65}$, $\mathfrak{P}_a^{64}$, $\mathfrak{P}_a^{63}$, $\mathfrak{P}_a^{62}$, $\mathfrak{P}_b^{65}$, $\mathfrak{P}_b^{64}$, $\mathfrak{P}_b^{63}$, $\mathfrak{P}_b^{62}$ ermittelt. Scheidet man nun aus allen Punkten $\mathfrak{P}_a$ und $\mathfrak{P}_b$ eine Gruppe aus, welche einem und demselben A-Polygon zugehört, so bestimmen die übrigen Punkte ein Y-Polygon. Durch fünfmalige Wiederholung dieses Verfahrens werden die fünf gesuchten Gruppen von Y-Stäben gefunden.

Das angegebene Verfahren, eine Kette von sechs Knotenpunkten so zu bestimmen, daß sie für fünf verschiedene Belastungen aller Knotenpunkte im Gleichgewicht ist, ist allgemein gültig. Es sei noch die rechnerische Lösung der Aufgabe angegeben. Ist $A_m{}^n$ die in die Kettenebene fallende Komponente der für die Belastung Z_n gefundenen Spannkraft des Stabes A_m, und δ_m die Verschiebung des Kettenpunktes m in der Richtung dieser Komponente, so gilt nach dem Gesetz von den virtuellen Verrückungen für die Ersatzkette die Gleichung:

$$A_1{}^1 \cdot \delta_1 + A_2{}^1 \delta_2 + A_3{}^1 \delta_3 + \ldots + A_{n+1}^1 \cdot \delta_{n+1} = 0$$

oder $A_2{}^1 \cdot \delta_2/\delta_1 + A_3{}^1 \cdot \delta_3/\delta_1 + \ldots + A_{n+1}^1\, \delta_{n+1}/\delta_1 = -A_1{}^1$.
Es sind n Belastungen Z vorhanden, mithin lassen sich n Gleichungen von der angegebenen Art aufstellen. Aus diesen können die Zahlen $\frac{\delta_m}{\delta_1}$ mit Hilfe von Determinanten berechnet werden. Wird dann δ_1 beliebig angenommen, so sind die Verschiebungen aller Knotenpunkte der Kette, auf welche es allein ankommt, leicht zu bestimmen.

Düsseldorf. Grüning, Regierungsbaumeister a. D.

Buchdruckerei des Waisenhauses in Halle a. d. S.